สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

ความผันแปรของแคดเมียมและจุลธาตุประจุบวกในพื้นที่นาขนาดเล็กของ หมู่บ้านพะเด๊ะ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

Variation of Cadmium and Cationic Micronutrients in Small Paddy Field of Pa Te Village, Mae Sod District, Tak Province.

T119604

โดย

นางสาวสุภารัตน์ ปั้นพุ่มโพธิ์

b.....
i.....

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 119604
วัน,เดือน,ปี 8 ส.ค. 2554

เสนอ

หลักสูตรปฐพีวิทยา สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
พ.ศ. 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี
หลักสูตรปฐพีวิทยา

เรื่อง

ความผันแปรของแคดเมียมและจุลธาตุประจุบวกในพื้นที่นาขนาดเล็กของ หมู่บ้านพะเด๊ะ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

Variation of Cadmium and Cationic Micronutrients in Small Paddy Field of Pa Te Village, Mae Sod District, Tak Province.

โดย

นางสาวสุภารัตน์ ปั้นพุ่มโพธิ์

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรทิวา กัญยวงศ์หา)
อาจารย์ที่ปรึกษา

หลักสูตรรับรองแล้ว

.....

(รศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม)
ประธานบริการหลักสูตรปฐพีวิทยา

20 / มิ.ย. / 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง	ความผันแปรของแคดเมียมและจุลธาตุประจุบวกในพื้นที่นาขนาดเล็ก ของ หมู่บ้านพะเด๊ะ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก
ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ	Variation of Cadmium and Cationic Micronutrients in Small Paddy Field of Pa Te Village, Mae Sod District, Tak Province.
โดย	นางสาวสุภารัตน์ ปั้นพุ่มโพธิ์
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการผลิตพืช
หลักสูตร	ปฐพีวิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรทิวา กัญยวงศ์หา

ความผันแปรของแคดเมียมและจุลธาตุประจุบวกในพื้นที่ขนาดเล็ก เป็นการศึกษาในพื้นที่ขนาดเล็กของบ้านพะเด๊ะ ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก พบว่า มีความผันแปรเกิดขึ้นทั้งในแนวดิ่ง (Vertical variability) และแนวระนาบ (Horizaltal variability) ในทุกสมบัติของดินที่ศึกษา กล่าวคือ ดินมีปฏิกิริยาดินในสนาม (pH_f) 6.5-8 โดยดินล่างมี pH_f สูงกว่าดินบน ในขณะที่ปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยน้ำ (pH_w) มีค่าอยู่ในพิสัย 5.5-7.69 โดยส่วนใหญ่มีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึก มีเพียงบางจุดเท่านั้นที่ pH_w ลดลงตามความลึก ส่วนปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1 นอร์มอล pH_k ทุกความลึกของทุกจุดในพื้นที่ศึกษามีค่าต่ำกว่า pH_w โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 3.86-6.93 การแจกกระจายตามความลึกโดยส่วนใหญ่ pH_k มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก และมีเพียงบางจุดเท่านั้นที่ลดลงตามความลึก

ค่าการนำไฟฟ้าของดินมีค่าอยู่ในพิสัย 30.7-777.0 µS/cm โดยส่วนใหญ่แจกกระจายในรูปแบบที่ลดลงตามความลึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าอยู่ในพิสัย 1.02-34.89 ppm โดยมีการแจกกระจายอย่างไม่สม่ำเสมอตลอดพื้นที่และทุกช่วงความลึก โดยส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงตามความลึก นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ดินบนมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าดินล่างอย่างชัดเจน

ตลอดพื้นที่ศึกษามีแคดเมียมอยู่ในพิสัย 0.02-2.26 ppm โดยมีค่าสูงมากที่ดินบนหลังจากนั้นมีค่าต่ำลงกว่าเดิมอย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังพบอีกว่าตอนเหนือและตอนใต้ของพื้นที่ศึกษามีแคดเมียมสูงกว่าที่พบบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา

สังกะสีของพื้นที่ศึกษามีปริมาณอยู่ในพิสัย 0.13-47.23 ppm โดยแจกกระจายไม่สม่ำเสมอตลอดพื้นที่และตลอดความลึก ปริมาณที่พบในดินบนสูงกว่าที่พบในดินล่างอย่างเห็นได้ชัด พื้นที่แปลงทางทิศเหนือมีปริมาณสังกะสีสูงกว่าที่พบในตอนใต้และตอนกลางของแปลงตามลำดับ

เหล็กเป็นจุลธาตุที่พบมากที่สุดในพื้นที่ศึกษาโดยมีปริมาณอยู่ในพิสัย 3.32-456.98 ppm โดยที่ดินบนมีปริมาณเหล็กสูงกว่าที่พบในดินล่างอย่างเห็นได้ชัด

แมงกานีสเป็นจุลธาตุที่มีปริมาณสูงเป็นอันดับสองรองจากเหล็ก โดยมีปริมาณอยู่ในพิสัย 4.45-245.41 ppm และแจกกระจายในรูปแบบที่ลดลงตามความลึก

ทองแดงเป็นจุลธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่มีปริมาณน้อยที่สุดที่พบในพื้นที่ศึกษา โดยมีปริมาณอยู่ในพิสัย 0.56-5.62 ppm และดินบนมีปริมาณสูงกว่าค่าที่พบในดินล่างอย่างเห็นได้ชัด

ความผันแปรเชิงพื้นที่ของทุกค่าวิเคราะห์พบว่ามีค่าสูงที่สุดในตอนเหนือของแปลงรองลงมาคือตอนใต้ของแปลง ในขณะที่มีค่าต่ำที่ตอนที่ตอนกลางของแปลงในทุกระดับความลึกที่ศึกษา

แคดเมียมมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างชัดเจนกับสังกะสี (r^2 = 0.7202) และค่อนข้างมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับทองแดง เหล็ก และแมงกานีส (r^2 = 0.3901, 0.3199 และ 0.2009 ตามลำดับ)

เมื่อค่าปฏิกิริยาดิน (pH_w) ลดลง จุลธาตุประจุบวกและแคดเมียมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรทิวา กัญยวงศ์หา อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษาและให้ความรู้ต่างๆ ตลอดจนจัดหาอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการทดลองซึ่งทำให้ปัญหาพิเศษสำเร็จลุล่วงลงได้

ขอขอบพระคุณนางสาวอนงนาฏ ศรีประโชติ ที่ให้แนวความคิดและคำปรึกษาแนะนำเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณคุณอังคณา จากรัมย์ ที่ให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการมาโดยตลอด

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยาทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำในการทำการทดลอง และให้ความสะดวกด้านอุปกรณ์การทดลองเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่คอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจ

สุดท้ายนี้ กราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณตา คุณยาย บุพการีผู้ให้ทุกสิ่งทุกอย่างกับข้าพเจ้า ได้วางรากฐานชีวิต พื้นฐานทางความคิดที่ดี และเป็นกำลังใจแก่ข้าพเจ้าเสมอมา

นางสาวสภารัตน์ ปั้นพุ่มโพธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญเรื่อง	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VI
สารบัญตารางภาคผนวก	VII
สารบัญภาพภาคผนวก	VIII
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
ตรวจเอกสาร	4
วิธีการศึกษา	27
ผลการศึกษา	29
วิจารณ์ผลการศึกษา	46
สรุปผลการศึกษา	47
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	เรื่อง	หน้า
1	ปริมาณเฉลี่ยของโลหะหนักบางธาตุที่พบในเปลือกโลก	6
2	แสดงปริมาณแคดเมียมและสังกะสีที่พบในหินชนิดต่างๆ	6
3	แหล่งที่ทำให้มีโลหะหนักบางธาตุลงสู่ดินทั่วทั้งโลก และสัดส่วนของแต่ละธาตุที่ลงสู่ดิน	7
4	ปริมาณของธาตุโลหะหนักบางธาตุที่พบในสารปรับปรุงดินทางการเกษตร	8
5	รูปของแคดเมียมที่มีศักยภาพว่าจะพบในดินและในน้ำ	10
6	ความเข้มข้นของ Cd และ Zn ที่พบในดิน	11
7	องค์ประกอบทางเคมีของธาตุโลหะหนักในสารละลายดินที่เป็นกรดและด่าง (สภาพออกซิเดชั่น)	11
8	สรุปการดูดซับธาตุโลหะหนักบางธาตุในดิน	13
9	ความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ (relative mobility) ของโลหะบางธาตุกับค่า Eh และปฏิกิริยาดิน (pH)	14
10	แสดงสถิติภูมิอากาศของอำเภอแม่สอด จังหวัดตากในคาบ 30 ปี	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	เรื่อง	หน้า
1	แผนที่แสดงภูมิประเทศของอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก และบริเวณข้างเคียง มาตราส่วน 1:250,000	19
2	แสดงลักษณะทางธรณีวิทยาของ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก	20
3	กราฟแสดงสถิติภูมิอากาศของอำเภอแม่สอด จังหวัดตากในคาบ 30 ปี	23
4	แผนที่แสดงภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาและบริเวณข้างเคียง มาตราส่วน 1:50,000	24
5	แสดงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (ระบบ UTM) ของแปลงนาที่เป็นพื้นที่ศึกษาและจุดอ้างอิง R1 และ R2	25
6	ภาพจำลองแสดงตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างดินของแต่ละ transect ของพื้นที่ศึกษา	26
7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแคดเมียมกับจุลธาตุประจุบวก	42
8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปฏิกิริยาดิน (pH_w) กับจุลธาตุประจุบวกและแคดเมียม	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางผนวกที่	เรื่อง	หน้า
1	แสดงสมบัติทางเคมีบางประการที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของพื้นที่ศึกษา	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพผนวกที่	เรื่อง	หน้า
1 ก	แสดงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (ระบบ UTM) ของแปลงนาที่เป็นพื้นที่ศึกษาและจุดอ้างอิง R1 และ R2 ซึ่งอยู่บริเวณที่ต่ำและที่สูงของเนินเขาตามลำดับ	70
1 ข	ภาพจำลองแสดงตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างดินของแต่ละ transect ของพื้นที่ศึกษา	71
2	แสดงความผันแปรในแนวดิ่งของปฏิกิริยาดินในสนาม (pH_f)	72
3 ก	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_f ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร	76
3 ข	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_f ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร	77
3 ค	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_f ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร	78
3 ง	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_f ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร	79
4	แสดงความผันแปรในแนวดิ่งของปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยน้ำ (pH_w)	80
5 ก	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_w ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร	84
5 ข	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_w ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร	85
5 ค	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_w ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร	86
5 ง	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_w ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร	87
6	แสดงความผันแปรในแนวดิ่งของปฏิกิริยาดินที่วัดด้วย 1N KCl (pH_k)	88
7 ก	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_k ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร	92
7 ข	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_k ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร	93
7 ค	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_k ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร	94
7 ง	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_k ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร	95
8	แสดงความผันแปรในแนวดิ่งของการนำไฟฟ้าของดิน (E.C.)	96
9 ก	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ E.C. ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพภาคผนวก (ต่อ)

ภาพผนวกที่	เรื่อง	หน้า
9 ข	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ E.C. ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร	101
9 ค	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ E.C.ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร	102
9 ง	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ E.C. ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร	103
10	แสดงความผันแปรในแนวดิ่งของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	104
11 ก	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร	108
11 ข	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร	109
11 ค	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร	110
11 ง	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร	111
12	แสดงความผันแปรในแนวดิ่งของแคดเมียม	112
13 ก	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของแคดเมียมที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร	116
13 ข	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของแคดเมียมที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร	117
13 ค	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของแคดเมียมที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร	118
13 ง	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของแคดเมียมที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร	119
14	แสดงความผันแปรในแนวดิ่งของสังกะสี	120
15 ก	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของสังกะสีที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร	124
15 ข	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของสังกะสีที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร	125
15 ค	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของสังกะสีที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร	126
15 ง	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของสังกะสีที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร	127
16	แสดงความผันแปรในแนวดิ่งของเหล็ก	128
17 ก	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของเหล็กที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร	132
17 ข	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของเหล็กที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร	133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพภาคผนวก (ต่อ)

ภาพผนวกที่	เรื่อง	หน้า
17 ค	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของเหล็กที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร	134
17 ง	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของเหล็กที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร	135
18	แสดงความผันแปรในแนวดิ่งของแมงกานีส	136
19 ก	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของแมงกานีสที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร	140
19 ข	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของแมงกานีสที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร	141
19 ค	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของแมงกานีสที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร	142
19 ง	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของแมงกานีสที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร	143
20	แสดงความผันแปรในแนวดิ่งของทองแดง	144
21 ก	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของทองแดงที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร	148
21 ข	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของทองแดงที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร	149
21 ค	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของทองแดงที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร	150
21 ง	แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของทองแดงที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร	151

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

แคดเมียมเป็นธาตุโลหะหนักที่มีสมบัติทางเคมีบางประการคล้ายกับสังกะสีและในสภาพออกซิเดชันจะพบอยู่ในรูป Cd^{2+} เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ปริมาณที่พบต่ำกว่าสังกะสีอย่างเห็นได้ชัด แคดเมียมมักพบอยู่ร่วมกับสินแร่สังกะสี เช่น sphalerite และบางครั้งก็พบร่วมกับสินแร่ทองแดง

สิ่งที่ควบคุมความสามารถในการละลายนี้ของแคดเมียมคือ การดูดซับบนส่วนของอนุภาคของดินที่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนประจุบวกได้และการตกตะกอนกับแมงกานีสออกไซด์ อย่างไรก็ตาม แคดเมียมมีแนวโน้มที่ว่าถูกดูดซับได้น้อยกว่าโลหะหนักอื่นที่มีประจุ +2 ทำให้เป็นไอออนที่ค่อนข้างเปลี่ยนแปลงได้ในดินและตะกอนและพืชสามารถดูดขึ้นไปสะสมได้มากกว่าโลหะหนักอื่นที่มีประจุ +2 เหมือนกัน

แคดเมียมเป็นโลหะหนักที่เป็นพิษอย่างมากต่อพืชและสัตว์ มนุษย์ไม่ได้รับแคดเมียมในปริมาณมากแล้วเป็นพิษได้ทันทีทันใด แต่การได้รับแคดเมียมทีละน้อยติดต่อกันเป็นเวลานานจะเป็นผลเสียต่อสุขภาพเมื่อได้รับแคดเมียมติดต่อกันเป็นเวลานาน จะส่งผลเสียต่อไตทำให้ไตวายในที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าสารประกอบแคดเมียมบางอย่างเป็นสารก่อมะเร็ง (van der Perk, 2006)

ปริมาณแคดเมียมที่ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ถ้าปริมาณที่ได้รับเข้าสู่ร่างกายคือ 1-3 $\mu g\ d^{-1}$ โดยมากแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ด้วยการบริโภคอาหารที่ปลูกบนดินที่ปนเปื้อนแคดเมียม เมื่อผู้บริโภคได้รับแคดเมียมเป็นระยะเวลานานๆจะเกิดการสะสมในร่างกายทำให้มีผลเสียต่อร่างกาย โดยภาวะเริ่มแรก ไตจะทำงานผิดปกติ และทำให้เกิดไตวาย มีอาการปวดกระดูก การเจริญเติบโตทีผิดรูปของกระดูก ภาวะกระดูกพรุน และถึงขั้นร้ายแรงป่วยด้วยโรค "อิไต-อิไต" โดยสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกากำหนดปริมาณการได้รับแคดเมียมจากอาหารของร่างกายมนุษย์ไว้ที่ 7 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม (μgkg^{-1}) ต่อน้ำหนักตัวต่อสัปดาห์ (Regan และ Mast, 1990)

ความผันแปรเชิงพื้นที่ขนาดเล็ก (Small-scale soil variability) พบได้ในพื้นที่ไม่มากนัก อาจเกิดจากความต่างระดับขนาดเล็กของพื้นที่ (Microrelief) ความหนาของชั้นดินบน ความหนาของชั้นวัตถุต้นกำเนิดดินรวมถึงการใช้พื้นที่ในอดีต สิ่งเหล่านี้อาจมีผลต่อการจัดการดินเพื่อการเกษตรแบบประณีต (intensive cropping systems) หรือการเกษตรแบบแม่นยำ (precision agricultural systems) เป็นต้นว่าการใส่ปุ๋ยในปริมาณเท่ากันทั้งแปลงอาจไม่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลุ่มน้ำแม่ตาว อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก มีการปนเปื้อนของแคดเมียมในพื้นที่เกษตร จากผลการศึกษาของสถาบันการจัดการน้ำนานาชาติ (International Water Management Institute; IWMI) ร่วมกับกรมวิชาการเกษตร ได้วิเคราะห์ดินและข้าว โดยเก็บตัวอย่างดินทั้งหมด 154 แปลง เพื่อวิเคราะห์แคดเมียมทั้งหมดในดิน (Total form) พบว่ามีค่าอยู่ในพิสัย 3.4 – 284 ppm ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานที่กำหนดของสหภาพยุโรป (European Economic Community; EEC) ที่ยอมรับให้มีแคดเมียมในดินได้ไม่เกิน 3.0 ppm

เมื่อเก็บตัวอย่างเมล็ดข้าว 90 แปลง นำมาหาปริมาณแคดเมียม พบว่ามีแคดเมียมเฉลี่ยในเมล็ดข้าว 0.43 ppm ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (Codex Committee on Food Additive and Contaminants; CCFAC) ยอมให้มีได้ 0.2 ppm และเกินกว่ามาตรฐานของประเทศไทยคือ 0.4 ppm (จิตินันท์ และอวยพร, 2547)

หมู่บ้านพะเด๊ะ ตำบลพระธาตุผาแดง เป็นหนึ่งในพื้นที่ของลุ่มน้ำแม่ตาวที่ปนเปื้อนแคดเมียมในพื้นที่เกษตร ที่นาของหมู่บ้านมีภูมิประเทศตั้งแต่เป็นที่ราบริมน้ำแม่ตาวจนถึงอยู่บนเนินเขา การทำนาในบริเวณนี้อาศัยน้ำฝนและน้ำจากลำห้วยแม่ตาวซึ่งไหลผ่านจากทิศตะวันออกไปทางทิศตะวันตกแล้วลงสู่ลำน้ำเมย โดยมีระบบชลประทานพื้นบ้านคือ ผันน้ำจากลำห้วยแม่ตาวไปยังลำรางเล็กๆเข้าสู่ที่นาของเกษตรกรทุกครัวเรือน เนื่องจากลำห้วยแม่ตาวไหลผ่านแหล่งแร่สังกะสี จึงอาจมีแคดเมียมปนเปื้อนมากับตะกอนที่แขวนลอยในน้ำ เมื่อผันน้ำเข้าสู่ที่นา ตะกอนเหล่านี้อาจทับถมบนที่นาในปริมาณที่ต่างกันขึ้นอยู่กับความเร็วของน้ำในลำน้ำและลำรางผันน้ำ ปริมาณน้ำที่ขังมีอยู่ในนา ตำแหน่งของที่นารวมถึงตำแหน่งที่เกษตรกรผันน้ำเข้านา สิ่งเหล่านี้อาจทำให้แคดเมียมในพื้นที่ขนาดเล็กของเกษตรกรแต่ละครัวเรือนมีปริมาณแตกต่างกัน และเนื่องจากแคดเมียมมีสมบัติคล้ายกับสังกะสีรวมทั้งมักพบร่วมกับแหล่งที่มีสังกะสี ดังนั้นจึงศึกษา สังกะสี และจุลธาตุประจุบวกอื่นๆ (Fe, Cu, Mn) ร่วมกับแคดเมียมด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการแจกกระจายของแคดเมียมในพื้นที่ปลูกข้าวขนาดเล็ก
2. ศึกษาการแจกกระจายของจุลธาตุประจุบวกในดิน (Fe, Mn, Cu, Zn)
3. หาความสัมพันธ์ระหว่าง แคดเมียมและสังกะสี
4. หาความสัมพันธ์ระหว่าง แคดเมียม จุลธาตุประจุบวกและ pH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

ปัจจัยในการสร้างดิน (Soil forming factors)

ดินเป็นเทหวัตถุธรรมชาติที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา โดยมีสมบัติที่เกิดจากผลร่วมกันของภูมิอากาศ กับกิจกรรมของสิ่งมีชีวิต ซึ่งมีภูมิประเทศมาเป็นตัวปรับเปลี่ยนและสิ่งเหล่านี้กระทำบนวัตถุต้นกำเนิดดินภายในระยะเวลาหนึ่ง (Brady and Weil, 2002) ทำให้สามารถเขียนเป็นสมการการเกิดดินหรือสมการปัจจัยในการสร้างดิน (Soil forming factors) ได้ว่า

$$S = \int (p, cl, o, r, t)$$

เมื่อ S = ดิน (Soil)

p = วัตถุต้นกำเนิดดิน (parent material) หมายถึง ลักษณะธรณีวิทยาหรือลักษณะอินทรีย์ก่อนที่จะมาเป็นดิน

cl = ภูมิอากาศ (climate) โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิ

o = สิ่งมีชีวิต (organisms) โดยเฉพาะพืชพรรณธรรมชาติ จุลินทรีย์ สัตว์ในดิน และกิจกรรมของมนุษย์

r = สภาพภูมิประเทศ (relief) หมายถึงลักษณะรูปร่างของผิวหน้าดิน

t = เวลา (time) หมายถึงเวลาที่วัตถุต้นกำเนิดดินใช้เพื่อเปลี่ยนไปเป็นดิน

จากปัจจัยในการสร้างดิน แสดงว่าถ้ามีปัจจัยหนึ่งปัจจัยใดต่างกัน ดินที่เกิดขึ้นก็จะต่างกันด้วย ซึ่งเรียกว่า เกิดความผันแปรของดิน (Soil variability) ถ้าเป็นความผันแปรในแนวดิ่ง (Vertical variability) จะได้ชั้นดิน ถ้าเป็นความผันแปรในแนวระนาบ (Horizaltal variability) สิ่งที่ได้คือดินที่ต่างกันบนภูมิภาคซึ่งอาจเรียกความผันแปรในแนวระนาบนี้ว่า ความผันแปรเชิงพื้นที่ (Spatial variability)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความผันแปรเชิงพื้นที่ของดิน (Soil Variability)

ความผันแปรเชิงพื้นที่ของดินแบ่งได้เป็น 3 ระดับ คือ ความผันแปรขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก

ความผันแปรเชิงพื้นที่ขนาดใหญ่ (Large-scale soil variability) เป็นความแตกต่างของดินเนื่องจากภูมิอากาศและพืชพรรณเป็นหลัก วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นรอง เช่น ความแตกต่างของดินในเขตหนาวกับเขตร้อน เขตแห้งแล้ง หรือความแตกต่างระหว่างดินทุ่งหญ้าและดินป่าไม้ เป็นต้น

ความผันแปรเชิงพื้นที่ขนาดปานกลาง (Medium-scale soil variability) เป็นความแตกต่างของดินเนื่องจากการระบายน้ำ วัตถุต้นกำเนิดดิน ภูมิประเทศ และ เวลา เช่น ดินดอนมีการระบายน้ำดีกว่าดินนา ดินนามักมีจุดประและสีพื้นเป็นสีเทา ในขณะที่ดินดอนมักเป็นสีเหลือง น้ำตาล และสีแดง เป็นต้น

ความผันแปรเชิงพื้นที่ขนาดเล็ก (Small-scale soil variability) พบในพื้นที่ขนาดเล็ก เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของภูมิประเทศเพียงเล็กน้อยและความหนาของวัตถุต้นกำเนิดดินหรืออาจเกิดจากอิทธิพลของสิ่งมีชีวิต ความผันแปรประเภทนี้ยากแก่การสังเกตเห็นด้วยสายตา ยกเว้นพืชจะเจริญเติบโตแตกต่างกัน ความผันแปรเช่นนี้อาจสะท้อนการใช้ที่ดินในอดีต เช่น ในหน้าแล้งหลังการเก็บเกี่ยวข้าวในนาอาจปลูกผักบนพื้นที่นา ซึ่งต้องมีการใส่ปุ๋ยให้กับผักในแปลงปลูก เมื่อถึงฤดูทำนาการเจริญเติบโตของข้าวในแปลงเดียวกันจะแตกต่างกันระหว่างส่วนที่เคยเป็นแปลงปลูกผักกับส่วนที่เป็นทางเดินระหว่างแปลงผัก

แคดเมียม (Cadmium; Cd)

แคดเมียมเป็นหนึ่งในธาตุโลหะหนักที่พบน้อยมาก (Trace metals) เมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอื่นๆที่พบในเปลือกโลก (ตารางที่ 1) คือมีเพียงหนึ่งร้อยส่วนในหนึ่งพันล้านส่วน ในขณะที่สังกะสีมีปริมาณเฉลี่ย 65 ส่วนในล้านส่วน ซึ่งแตกต่างกันมากกว่าหนึ่งพันล้านเท่า พบในดินบางบริเวณเนื่องจากการผุพังอยู่กับที่ของแร่ประกอบหิน (van der Perk, 2006) โดยมากแล้วหินอัคนีจะมีแคดเมียมสูงกว่าที่พบในหินตะกอน และหินอัคนีสีเข้ม มีแคดเมียมมากกว่าหินอัคนีสีจาง (ตารางที่ 2) แคดเมียมมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดทางธรณีเคมีกับธาตุสังกะสีเพราะมีโครงสร้างไอออน (ionic structure) ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมือนกัน มีค่า electronegativity เหมือนกันและมีแนวโน้มว่าจะพบอยู่ด้วยกันในรูปสารประกอบเชิงซ้อนของซัลไฟด์และคาร์บอเนต โดยแคดเมียมมักอยู่ร่วมกับแร่สังกะสี ซิงค์ซัลไฟด์ (ZnS) ในรูปของแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) และพบอยู่ร่วมกับแร่ซิงค์ซิลิเกต (Zn_2SiO_4) และ ซิงค์คาร์บอเนต ($ZnCO_3$)

ตารางที่ 1 ปริมาณเฉลี่ยของโลหะหนักบางธาตุที่พบในเปลือกโลก

ธาตุ	ปริมาณเฉลี่ย
Fe	4.32%
Mn	716 ppm
Zn	65 ppm
Cu	25 ppm
Cd	100 ppb

ที่มา : ดัดแปลงจาก van der Perk (2006)

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณแคดเมียมและสังกะสีที่พบในหินชนิดต่างๆ

	หินอัคนี			หินตะกอน		
ธาตุ	Ultramafic	Mafic	Granite	Limestone	Sandstone	Shale
Cd	0.12	0.13-0.2	0.09-0.2	0.028-0.1	0.05	0.2
Zn	50-58	100	40-52	20-25	16-30	100-120

ที่มา : ดัดแปลงจาก Ross (1994)

แคดเมียมที่จะเข้าไปอยู่ในดินและพืชมาจาก 2 แหล่ง คือ เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ของหินและแร่ตามธรรมชาติและเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์อันเป็นแหล่งหลักของการทำให้แคดเมียมปนเปื้อนออกสู่สภาพแวดล้อม กิจกรรมของมนุษย์ที่ทำให้แคดเมียมปนเปื้อน ได้แก่ การถลุงแร่โลหะต่างๆ อุตสาหกรรมพลาสติกและไมโครอิเล็กโทรนิค การเกษตร (ใส่ปุ๋ย) และการกำจัดของเสียจากบ้านเรือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงแหล่งที่ทำให้ธาตุโลหะหนักลงสู่ดินทั่วโลกในแต่ละปี ซึ่งจะเห็นว่าแคดเมียมจากแหล่งต่างๆลงสู่ดินมากถึงปีละ 5.6-38x10^6 กิโลกรัม โดยแหล่งใหญ่ของแคดเมียมจากกิจกรรมของมนุษย์คือมาจากบรรยากาศ เถ้าลอย (fly ash) ของเสียจากบ้านเรือน และ การเกษตรกรรม

ตารางที่ 3 แหล่งที่ทำให้มีโลหะหนักบางธาตุลงสู่ดินทั่วทั้งโลก (10^6 kg $year^{-1}$) และสัดส่วนของแต่ละธาตุที่ลงสู่ดิน (ตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บมีหน่วยเป็นเปอร์เซนต์)

แหล่ง	โลหะหนัก			
	Cd	Cu	Mn	Zn
การเกษตรและของเสียจากสัตว์ (รวมทั้งปุ๋ยเคมี)	0.23-4.45 (11.7)	17-119 (8.7)	65-253 (9.6)	162-471 (22.9)
Logging and wood wastes	0-2.2 (5.8)	3-52 (3.8)	18-104 (3.9)	13-65 (3.16)
Urban refuse and sewage/sludge	0.9-7.8 (20.5)	18-62 (4.5)	115-54 (2.0)	40-156 (7.6)
Fly ash	1.5-13 (34.2)	93-335 (24.5)	498-1655 (62.8)	112-484 (23.5)
Atmosphere fallout	2.2-8.4 (22)	14-36 (2.6)	7.4-46 (1.75)	49-135 (6.6)
other[a]	0.77-2.15 (5.4)	396-763 (55.8)	106-521 (19.8)	313-743 (36.1)
Total annual input to soil	5.6-38	541-1367	706-2633	689-2054

a : เป็นของเสียจากผลผลิตเชิงพาณิชย์ (commercial products) และ คาดการณ์ว่า 1-15% ของผลผลิตที่เป็นโลหะถูกกำจัดในแต่ละปี

ที่มา : ดัดแปลงจาก Ross (1994)

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณโลหะหนักบางธาตุที่พบในสารปรับปรุงดินทางการเกษตร จะเห็นว่าปุ๋ยฟอสเฟตมีแคดเมียมอยู่ด้วยในปริมาณสูงกว่าปุ๋ยไนเตรตและปูน นอกจากนี้ในน้ำชลประทานก็พบแคดเมียมได้แม้จะในปริมาณน้อยมากก็ตาม แม้ว่าปริมาณแคดเมียมที่พบในวัสดุเหล่านี้อาจจะไม่เป็นพิษแต่เมื่อใช้วัสดุเหล่านี้ต่อเนื่องหลายปีก็อาจมีการสะสมแคดเมียมในดินจนถึงระดับที่เป็นพิษได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ปริมาณของธาตุโลหะหนักบางธาตุที่พบในสารปรับปรุงดินทางการเกษตร (หน่วย $\mu g\ g^{-1}$)

ธาตุ	Sewage sludge	Composted refuse	Farmyard manure	ปุ๋ยฟอสเฟต	ปุ๋ยไนเตรต	ปูน	สารกำจัดศัตรูพืช	น้ำชลประทาน
Mn	60-3900	-	30-969	40-2000	-	40-1200	-	-
Cu	50-8000	13-3580	2-172	1-300	-	2-125	-	-
Zn	91-49000	82-5894	15-560	50-1450	1-42	10-450	-	-
Cd	< 1-3410	0.01-100	0.1-0.8	0.1-190	0.05-8.5	0.04-0.1	-	<0.05

ที่มา : ดัดแปลงจาก Ross (1994)

รูปของแคดเมียมในดิน

1. แคดเมียมที่อยู่ในแร่ปฐมภูมิ ส่วนใหญ่พบร่วมกับสินแร่สังกะสี เช่น ซิงค์ซัลไฟต์ (ZnS) แคดเมียมซัลไฟต์ (CdS) นอกจากนี้ยังอยู่รวมกับแร่ซิงค์ซิลิเกต (Zn_2SiO_4) และ ซิงค์คาร์บอเนต ($ZnCO_3$)
2. แคดเมียมในสารละลายดิน ได้แก่ Cd^{2+} และ Cd-chelate ซึ่งอยู่ในสารละลายดิน พืชสามารถดูดขึ้นไปสะสมจนอาจเป็นพิษแก่คนหรือสัตว์ที่บริโภคพืชนั้นติดต่อกันเป็นเวลานาน
3. แคดเมียมที่เป็นส่วนประกอบของอินทรียวัตถุ อยู่ในเศษเหลือของพืชหรือสัตว์ เกิดจากการที่สิ่งมีชีวิตเหล่านี้ได้รับแคดเมียมเข้าไป เมื่อตายลงจะยังคงมีแคดเมียมเป็นองค์ประกอบ
4. แคดเมียมที่ถูกดูดซับที่ผิวของคอลลอยด์ดิน มีทั้งที่เป็นอินทรีย์คอลลอยด์ (ฮิวมัส) และอนินทรีย์คอลลอยด์ แคดเมียมในรูปนี้สามารถออกสู่สารละลายดินได้ โดยกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนประจุบวก (cation exchange reaction)

ส่วนประกอบทางเคมีของแคดเมียมในดิน

เป็นรูปของแคดเมียมที่ใช้เมื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการโดยการสกัดดินตามลำดับ (sequential extractions)

1. ส่วนที่ละลายน้ำได้ (water soluble fractions) เป็นส่วนที่อยู่ในสารละลายดิน โดยจะพบแคดเมียมในส่วนนี้ได้เมื่อปริมาณแคดเมียมในดินมีสูงมากจนประจุลบของดินและอินทรียวัตถุไม่สามารถจะดูดยึดไว้ได้ ปริมาณแคดเมียมส่วนเกินนี้จะอยู่ในสารละลายดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระหว่างช่องว่างในดิน ในรูปของไอออนอิสระ ซึ่งพืชหรือสิ่งมีชีวิตในดินสามารถดูดดึงไปใช้ได้ทันที หรือสามารถกระจายตัวไปในสิ่งแวดล้อมได้ในสภาวะธรรมชาติ

2. ส่วนที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable fractions) เป็นส่วนที่จับอยู่กับประจุลบของอนุภาคดินเหนียวและอินทรียวัตถุด้วยพันธะไอออนิก (ionic bound) ดินจะปลดปล่อยออกมาในสภาวะที่เป็นบัฟเฟอร์ (buffer) หรือเป็นกลาง โดยการแลกเปลี่ยนกับไอออนอิสระหรือการแทนที่จากแร่ธาตุตัวอื่นในสารละลายดินที่มีแรงดูดยึดกับประจุลบของอนุภาคดินเหนียวหรืออินทรียวัตถุที่มากกว่า เช่น แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) โพแทสเซียมไอออน (K^{+}) เป็นต้น

3. ส่วนที่ถูกดูดยึดโดยคาร์บอเนต (carbonate fractions) ในกรณีที่ดินเป็นด่าง หรือดินบริเวณนั้นมีหินพื้นเป็นหินปูน ไอออนอิสระของแร่ธาตุจะถูกดูดยึดไว้ด้วยคาร์บอเนตไอออน อยู่ในรูปของสารประกอบคาร์บอเนต ดังนั้นในสภาวะธรรมชาติทั่วไปแร่ธาตุกลุ่มนี้ก็จะไม่ถูกปลดปล่อยออกมาสู่สิ่งแวดล้อม แต่เมื่อสภาพพีเอชของดินหรือน้ำเปลี่ยนคือดินหรือน้ำมีสภาวะที่เป็นกรดเพิ่มมากขึ้นแร่ธาตุกลุ่มนี้ก็จะถูกปลดปล่อยออกมาสู่สิ่งแวดล้อม

4. ส่วนที่ถูกดูดยึดด้วยออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีส (iron and manganese oxides fractions) เป็นส่วนที่อยู่ในรูปของสารก้อนกลม (nodule) สารมวลพอก (concretion) หรือสารเชื่อมเม็ดดิน (cementing agent) โดยดินที่อยู่ในสภาพน้ำขังติดต่อกันเป็นเวลานานจะพบว่าแร่ธาตุในดินอยู่ในส่วนนี้มาก ยากต่อการดูดดึงของพืชและสิ่งมีชีวิต โลหะที่อยู่ในกลุ่มนี้จะถูกปลดปล่อยออกมาเมื่อสภาพรีดักชัน-ออกซิเดชัน ของดินในขณะนั้นเปลี่ยนไป

5. ส่วนที่ถูกดูดซับด้วยอินทรียสาร (organic fractions) เป็นส่วนที่จับอยู่กับอินทรียวัตถุและอยู่ในโครงสร้างของซากอินทรีย์ สัตว์ในดิน เช่น อยู่ในโครงสร้างของโปรตีน ลิกนิน โลหะกลุ่มนี้จะถูกปลดปล่อยเมื่อดินอยู่ในสภาพรีดิวซ์

6. ส่วนที่คงเหลือในดิน (residual fractions) เมื่อส่วนต่างๆที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้นถูกแยกออกไปหมดแล้ว โลหะที่เหลืออยู่จะเป็นส่วนที่เป็นองค์ประกอบของแร่ปฐมภูมิ (primary mineral) และแร่ทุติยภูมิ (secondary mineral) ซึ่งเป็นวัตถุต้นกำเนิดของดินนั้นๆโดยโลหะจะอยู่ในโครงร่างผลึก (lateral lactice) ของแร่นั้นๆ ซึ่งโลหะจะไม่ถูกปลดปล่อยออกมาภายใต้สภาพที่เป็นธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแยกส่วนประกอบทางเคมีทำโดยใช้สารสกัดที่มีคุณสมบัติต่างกันในสารสกัดเป็นลำดับขั้นตั้งแต่ส่วนที่หนึ่งจนกระทั่งถึงส่วนที่หกตามลำดับ ซึ่ง Ma และ Rao (1997) ได้ศึกษาและสรุปไว้ว่า เมื่อดินมีปริมาณแคดเมียมทั้งหมดมากกว่า 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะพบเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้ ส่วนที่คงเหลือในดิน ส่วนที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ ส่วนที่ถูกดูดยึดด้วยคาร์บอเนต ส่วนที่ถูกดูดยึดด้วยออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีส ส่วนที่ถูกดูดซับด้วยอินทรียสารและส่วนที่ละลายน้ำได้ โดยความสามารถในการถูกดูดยึดไว้ในส่วนต่างๆนี้ขึ้นอยู่กับสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินเป็นหลัก

ตารางที่ 5 เป็นรูปของแคดเมียมที่มีศักยภาพพบว่าจะพบในดินและน้ำ จะเห็นว่าในดินมีโอกาสที่จะพบแคดเมียมในรูปสารประกอบ ออกไซด์ (CdO) คาร์บอเนต ($CdCO_3$) ฟอสเฟต ($Cd(PO_4)_2$) ซัลไฟด์ (CdS) และ คลอไรด์ ($CdCl_2$) โดยมีการดูดซับกับแร่ดินเหนียวที่เป็นออกไซด์ของเหล็กและอะลูมินั่มกับอินทรียวัตถุในดิน ส่วนในน้ำมีโอกาสพบแคดเมียมอิสระ แคดเมียมที่ดูดซับกับแร่ดินเหนียวที่แขวนลอยในน้ำ รวมทั้งที่เป็นคีเลทกับสารอินทรีย์

ตารางที่ 5 รูปของแคดเมียมที่มีศักยภาพว่าจะพบในดินและในน้ำ

ดิน				น้ำ		
ธาตุ	**สารประกอบ**	**การดูดซับ**	**กระบวนการ**	**สารประกอบ**	**ขนาด (mm)**	**สภาพ**
Cd	CdO, $CdCO_3$, CdS (reducing), $Cd(PO_4)_2$ oxic, $CdCl_2$	Al/Fe oxide clays SOM[a]	การตกตะกอนของ $CdCO_3$ ที่ pH สูง	Cd^{2+} ไอออนอิสระ Cd fulvate : อินทรีย์คีเลทน้ำหนักโมเลกุลต่ำ	<1 1-10	ละลาย
				Cd-clay : ถูกดูดยึด	>1000	

a : som = soil organic matter

ที่มา : ดัดแปลงจาก Ross (1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ความเข้มข้นของ Cd และ Zn ที่พบในดิน

	ในดิน (Total form)		ในสารละลายดิน	
	ค่าเฉลี่ย	ค่าที่ถือว่าเป็นพิษ	ค่าเฉลี่ย	ค่าที่ถือว่าเป็นพิษ
ธาตุ	(□g g^{-1} dry wt)		(μg g^{-1})	(mg l^{-1})
Cd	0.01-7	3-8	0.06	0.001
Zn	10-300	70-400	50	< 0.005

ที่มา : ดัดแปลงจาก Ross (1994)

ตารางที่ 6 แสดงความเข้มข้นของแคดเมียมและสังกะสีที่พบในดิน จะเห็นว่า ค่าที่เป็นพิษของแคดเมียม (Total form) คือมากกว่า 3-8 (□g g^{-1} dry wt) ส่วนค่าเฉลี่ยที่พบในสารละลายดินคือ 0.06 (μg g^{-1}) และค่าที่ถือว่าเป็นพิษคือ มากกว่า 0.001 (mg l^{-1}) นั่นคือ ถ้ามีแคดเมียมในสารละลายดินไม่ว่าจะปริมาณน้อยเพียงใดก็ตาม แสดงว่าพืชสามารถดูดขึ้นไปสะสมและอาจส่งผลเสียต่อมนุษย์และสัตว์ที่บริโภคพืชนี้ติดต่อกันเป็นเวลานาน

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีของธาตุโลหะหนักในสารละลายดินที่เป็นกรดและด่าง (สภาพออกซิเดชั่น)

	ชนิดหลัก	
โลหะ	ดินด่าง	ดินกรด
Mn	Mn^{2+}, $MnSO_4$, organic complexes	Mn^{2+}, $MnSO^0_4$, $MnCO^0_3$, $MnHCO_3^+$, $MnB(OH)_4^+$
Fe	Fe^{2+}, $FeSO^0_4$, $FeH_2PO_4^+$	$FeCO^0_3$, Fe^{3+}, $FeHCO_3^+$, $FeSO_4$
Cu	Cu^{2+}, organic complexes	$CuCO^0_3$, , organic complexes, $CuB(OH)_4^+$, $Cu(B(OH)_4)^0_2$
Cd	Cd^{2+}, $CdSO^0_4$, $CdCl^+$	Cd^{2+}, $CdCl^+$,$CdSO^0_4$, $CdHCO_3^+$
Zn	Zn^{2+}, $ZnSO^0_4$	$ZnHCO_3^+$, $ZnCO^0_3$, Zn^{2+}, $ZnSO^0_4$, $ZnB(OH)_4^+$

ที่มา : ดัดแปลงจาก Ross (1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของธาตุโลหะหนักในสารละลายดิน จะเห็นว่าไม่ว่าดินจะเป็นกรดหรือด่างก็ตามสามารถพบแมงกานีส แคดเมียมและสังกะสีได้ในรูป Mn, Cd^{2+} และ Zn^{2+} ตามลำดับเสมอ ในขณะที่โลหะหนักธาตุอื่นจะเปลี่ยนรูปไปจากเดิม เช่น เปลี่ยนจาก Fe^{2+} (ดินด่าง) ไปเป็น Fe^{3+} (ดินกรด) เป็นต้น

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแคดเมียมและจุลธาตุประจุบวกในดิน

1. วัตถุต้นกำเนิดดิน มีอิทธิพลในกรณีที่ดินมีพัฒนาการต่ำ วัตถุต้นกำเนิดที่มีแคดเมียมและจุลธาตุประจุบวกสูง เมื่อสลายตัวผุพังเป็นดินก็จะให้ธาตุเหล่านี้สูงตามไปด้วย นั่นคือ ดินที่เกิดจากหินอัคนี ให้โลหะหนักเหล่านี้สูงกว่าดินที่เกิดจากหินตะกอน
2. ปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวและ CEC โดยทั่วไปดินเนื้อละเอียดมักมีประจุบวกสูงกว่าดินเนื้อหยาบ เนื่องจากมีแร่ดินเหนียวในปริมาณมากจึงมีประจุลบที่สามารถดูดซับไอออนประจุบวกได้มากกว่าดินเนื้อหยาบ (มี CEC สูงกว่า) รูปที่พบมากของโลหะหนักและจุลธาตุประจุบวก คือ รูปที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Exchangeable forms)
3. ปฏิกิริยาดิน (pH) เมื่อ pH เป็นกรด สารละลายดินจะมีจุลธาตุประจุบวกและแคดเมียมสูงกว่า เมื่อ pH เป็นด่าง ถ้า pH ของดินลดลง สารละลายดินก็จะมีโลหะหนักเหล่านี้มากขึ้นด้วย
4. อินทรียวัตถุ อินทรียวัตถุเป็นทั้งแหล่งของโลหะหนัก (ในรูปอินทรีย์) และสามารถดูดซับโลหะหนักเอาไว้ โดยการแตกต่างของหมู functional groups นั่นคือ ถ้าดินมีอินทรียวัตถุสูงโลหะหนักก็สูงตามไปด้วย

ตารางที่ 8 เป็นสรุปปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับโลหะหนักบางธาตุในดิน ส่วนตารางที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่ของโลหะหนักบางธาตุในดินกับค่า Eh และค่า pH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 สรุปการดูดซับธาตุโลหะหนักบางธาตุในดิน

ธาตุโลหะหนัก	ลักษณะการดูดซับ
แคดเมียม (Cd)	<u>ปัจจัยที่มีอิทธิพล :</u> 1. pH : เพิ่ม pH = เพิ่มการดูดซับแคดเมียม 2. CEC : CEC เพิ่มขึ้น = การดูดซับแคดเมียมมากขึ้น 3. O.M. : O.M. มากขึ้น = การดูดซับแคดเมียมมากขึ้น 4. $CaCO_3$: $CaCO_3$ มากขึ้น = การดูดซับแคดเมียมมากขึ้น <u>ไอออนประจุบวกที่แข่งขันกับแคดเมียม :</u> Ca^{2+}, CO^{2+}, Cr^{2+}, Ni^{2+}, Zn^{2+} และ Pb^{2+} สามารถแข่งขันกับ Cd^{2+} ในการดูดซับบนประจุลบของแร่ดินเหนียว <u>สารประกอบเชิงซ้อนอินทรียแคดเมียม :</u> สารประกอบเชิงซ้อน Cd-humic acid เสถียรน้อยกว่าที่พบใน Pb หรือ Cu
ทองแดง (Cu)	<u>ปัจจัยที่มีอิทธิพล :</u> 1. การเปลี่ยนแปลงค่า pH ที่ความเข้มข้นต่ำมีผลต่อการดูดซับ Cu น้อยกว่าที่พบในโลหะหนักธาตุอื่น 2. อินทรียวัตถุและออกไซด์ของเหล็ก แมงกานีส มีความสำคัญมากในการควบคุมการดูดซับ Cu 3. แร่ดินเหนียวและ CEC มีความสำคัญน้อยต่อการดูดซับ Cu <u>ไอออนประจุบวกที่แข่งขันกับ Cu :</u> เมื่อเปรียบเทียบกับ Cd^{2+} พบว่า Ca^{2+} มีผลน้อยมากต่อการปลดปล่อย Cu^{2+} ออกสู่สารละลายดิน <u>สารประกอบเชิงซ้อนอินทรียทองแดง :</u> Humid acid และ fulvic acid ยึด Cu^{2+} ด้วยแรงที่สูงมาก Cu-chelate ที่ละลายได้เป็นรูปของ Cu ที่สำคัญในสารละลายดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ธาตุโลหะหนัก	ลักษณะการดูดซับ
สังกะสี (Zn)	<u>ปัจจัยที่มีอิทธิพล :</u> 1. pH : เพิ่ม pH = เพิ่มการดูดซับสังกะสี 2. CEC : CEC เพิ่มขึ้น = การดูดซับสังกะสีมากขึ้น 3. O.M.และ อนุภาคดินเหนียว : O.M. และอนุภาคดินเหนียวมากขึ้น = การดูดซับสังกะสีมากขึ้น <u>ไอออนประจุบวกที่แข่งขันกับสังกะสี :</u> Ca^{2+} แข่งขันกับสังกะสีในการดูดซับบนประจุลบของแร่ดินเหนียว ฟอสเฟตเพิ่มการดูดซับสังกะสี คอลลอยด์ที่ประจุผันแปรได้ <u>สารประกอบเชิงซ้อนอินทรียสังกะสี :</u> Zn – fulvate ที่ละลายได้เป็นรูปของสังกะสีที่สำคัญในสารละลายดิน

ที่มา : ดัดแปลงจาก Ross (1994)

ตารางที่ 9 ความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ (relative mobility) ของโลหะบางธาตุกับค่า Eh และปฏิกิริยาดิน (pH)

Relative mobility	Soil condition			
	Oxidizing	Acid	Neutral-alkaline	Reducing
Very High	-	-	-	-
High	Zn	Zn	-	-
Medium	Cu, Cd	Cd	Cd	-
Low	-	-	-	-
Very low to immobile	Fe, Mn	-	Zn	Zn, Cd

ที่มา : ดัดแปลงจาก Ross (1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางจะเห็นว่าโลหะหนักค่อนข้างเคลื่อนที่ได้ดีเมื่อดินเป็นกรด และมีการระบายอากาศ มีแคดเมียมเท่านั้นที่เคลื่อนที่ได้ปานกลางในดินที่เป็นกรดถึงเป็นด่าง และในสภาพขาดออกซิเจนทั้งแคดเมียมและสังกะสีจะเคลื่อนที่ได้ช้ามากถึงเคลื่อนที่ไม่ได้ ซึ่งสิ่งนี้อาจนำมาประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมปริมาณแคดเมียมที่พืชจะดูดขึ้นไปสะสมในส่วนเหนือดินได้

ความเป็นพิษของแคดเมียม

แคดเมียมจะเป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์เมื่อได้รับติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ส่วนใหญ่มนุษย์และสัตว์ได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายโดยการบริโภคอาหาร ปริมาณแคดเมียมในดินเป็นพิษที่ว่า (Total form) คือ 3 ppm ขึ้นไป ในเมล็ดข้าวเปลือกตามมาตรฐานสากลมีปริมาณ 0.4 ppm ส่วนในเมล็ดข้าวเปลือกตามมาตรฐานประเทศไทยมีปริมาณ 0.2 ppm

แหล่งของแคดเมียมที่ออกสู่สิ่งแวดล้อมคือ การเผาไหม้เชื้อเพลิงและการเผาทำงานของเสียจากบ้านเรือน นอกจากนี้แคดเมียมยังถูกปลดปล่อยออกจากถลุงแร่สังกะสี ตะกั่ว และทองแดง เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 400 องศาเซลเซียส แคดเมียมจะระเหยเป็นไอ นั่นคือถ้าวัตถุที่มีแคดเมียมเป็นองค์ประกอบได้รับความร้อน แคดเมียมก็จะถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศและอาจตกลงสู่พื้นโลกที่ห่างไกลจากแหล่งกำเนิดได้อีกครั้งหนึ่ง การรับแคดเมียมจากการหายใจจะเกิดอาการเป็นพิษเฉียบพลัน เมื่อร่างกายได้รับแคดเมียมประมาณ 2-4 ชั่วโมง โดยมีอาการเจ็บคอ เจ็บหน้าอก คลื่นไส้ และเวียนศีรษะ ในกรณีที่ได้รับแคดเมียมในปริมาณที่มาก ผู้ป่วยอาจตายด้วยอาการปอดบวม (pulmonary edema) ปริมาณต่ำสุดที่ทำให้เกิดพิษเมื่อหายใจอากาศที่มีแคดเมียมเป็นระยะเวลา 8 ชั่วโมง อยู่ระหว่าง 1-3 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

การได้รับแคดเมียมของมนุษย์เกิดได้ทั้งจากการรับประทานอาหารที่มีแคดเมียมปนเปื้อน และการหายใจเอาควันบุหรี่และไอเสียรถยนต์เข้าไป การรับประทานอาหารที่ปนเปื้อนแคดเมียมจัดเป็นปัจจัยหลักในการรับพิษ ซึ่งการได้รับแคดเมียมและสะสมในร่างกายจะมีผลต่อร่างกายตั้งแต่อาการปวดเมื่อยตามร่างกาย การทำงานผิดปกติของอวัยวะภายใน เช่น ตับและไต การเจริญเติบโตที่ผิดรูปของกระดูก ภาวะกระดูกพรุน และถึงขั้นร้ายแรงที่ป่วยด้วยโรค "อิไต-อิไต" (Ragan และ Mast, 1990)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งของแคดเมียมที่เข้าสู่ห่วงโซ่อาหารของมนุษย์คือการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตซึ่งมีแคดเมียมเป็นสิ่งเจือปน นอกจากนี้การนำเอาของเสียจากบ้านเรือนไปใส่ในพื้นที่เกษตรก็อาจทำให้แคดเมียมเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้

การใช้ประโยชน์

แคดเมียมที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆเป็นผลพลอยได้จากทำให้แร่สังกะสี, ตะกั่ว และ ทองแดง บริสุทธิ์มากขึ้น

แคดเมียมนำมาใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมเป็นส่วนใหญ่ เช่น ประมาณร้อยละ 50 ใช้ในการเคลือบเงาด้วยไฟฟ้า ผิวโลหะที่เคลือบด้วยแคดเมียมจะเป็นเงางาม และทนต่อการกัดกร่อน ไม่เป็นสนิม นอกจากนี้ยังผสมกับโลหะอื่นเป็นโลหะอัลลอยด์ เช่น ผสมกับโลหะทองแดง จะช่วยเพิ่มความเหนียวและความทนทานต่อการสึกกร่อนให้กับทองแดงด้วย นำไปใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมสี ใช้ทำแบตเตอรี่

จุลธาตุประจุบวก (Cationic micronutrients)

เหล็ก (Iron; Fe)

เปลือกโลกมีเหล็กในรูปอนินทรีย์เป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 5 และมีมากเป็นอันดับสี่ของธาตุในส่วนที่เป็นธรณีภาค แร่เหล็กปฐมภูมิและทุติยภูมิได้แก่ Olivine [$(Mg, Fe)_2Sio_4$], Siderite ($FeCO_3$), Hematite (Fe_2O_3), Goetite (FeOOH), Magmetite (Fe_3O_4) และ Limonite [$FeO(OH).nH_2O+Fe_2O_3.nH_2O$]

ในช่วงพัฒนาการของดิน เหล็กมีทั้งมากขึ้นและลดลงทำให้ความเข้มข้นของเหล็กในดินผันแปรอย่างมากโดยอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.7-55 แทบทั้งหมดของเหล็กในดินพบในแร่ปฐมภูมิ แร่ดินเหนียว ออกไซด์ และไฮดรอกไซด์ (Havlin *et al.*, 1999)

รูปที่เป็นประโยชน์ของเหล็กในดินคือ Fe^{2+}, Fe^{3+} และ Fe-chelate แม้ว่าเหล็กเป็นธาตุที่มีมากในแร่ปฐมภูมิและแร่ทุติยภูมิที่พบในดิน แต่ความเป็นประโยชน์จะต่ำมากจนจำกัดการเจริญเติบโตของพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แมงกานีส (Manganese, Mn)

ค่าเฉลี่ยของอนินทรีย์แมงกานีสในเปลือกโลกอยู่ที่ 1,000 ppm และพบในแร่ Ferromagnesian แทบทั้งหมด เมื่อแมงกานีสถูกปลดปล่อยออกมาเนื่องจากการผุพังอยู่กับที่ของแร่ปฐมภูมิก็จะรวมตัวกับออกซิเจนเพื่อเป็นแร่ทุติยภูมิซึ่งประกอบด้วย Pyrolusite (MnO_2), Hausmannite (Mn_3O_4) และ Manganite (MnOOH) แร่ที่พบมากได้แก่ Pyrolusite และ Manganite

แมงกานีสทั้งหมดในดินมักอยู่ในพิสัย 20-3,000 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 600 ppm แมงกานีสในดินพบในรูปออกไซด์และไฮดรอกไซด์หลายชนิดเคลือบอยู่บนอนุภาคดิน ตกตะกอนในรอบแตกและช่องว่างในดิน และผสมอยู่กับเหล็กออกไซด์กับองค์ประกอบอื่นๆของดิน รูปที่เป็นประโยชน์ที่พบในสารละลายดิน คือ Mn^{2+} และ Mn-chelate

รูปหลักของแมงกานีสในสารละลายดินคือ Mn^{2+} สิ่งที่ควบคุมความเข้มข้นของ Mn^{2+} ในสารละลายดินคือปริมาณแร่ MnO_2 ในดินกรดและดินที่เป็นกลางมักพบ Mn^{2+} ในสารละลายดินเพียง 0.01-1 ppm โดยที่ปริมาณร้อยละ 90 ของ Mn^{2+} ในสารละลายดินเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับอินทรียวัตถุ (Havlin *et al.*, 1999) แมงกานีสเป็นจุลธาตุโลหะหนักที่เป็นธาตุอาหารพืช งานด้านวิเคราะห์ดินจึงเน้นไปที่ปัญหาการขาดแมงกานีส แต่ความเป็นพิษของแมงกานีสก็พบได้เมื่อดินมีระดับแมงกานีสสูง ดังนั้นการวิเคราะห์แมงกานีสในดินจึงมุ่งไปทั้งการขาดและเป็นพิษ (Gambrell,1996)

แมงกานีสมีพฤติกรรมทางเคมีในดินและวัสดุธรณีเหมือนกับเหล็ก แมงกานีสอาจพบในหลายๆ valence states แต่ภายใต้พื้นผิวโลกจะพบเพียง 2^+,3^+ และ 4^+ อย่างไรก็ตาม 3^+ ไม่ใช่รูปที่เสถียรในสารละลาย (Gambrell, 1996)

แมงกานีสทั้งหมดในดินพบในพิสัยที่กว้าง คือตั้งแต่น้อยกว่า 20 µg/g จนถึงมากกว่า 3,000 µg/g โดยมีระดับทั่วไปอยู่ประมาณ 600 µg/g แมงกานีสในรูปที่เคลื่อนที่ได้และรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีปริมาณต่ำมาก ปฏิกิริยาดิน (pH) และค่า redox potential เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของแมงกานีส สภาพน้ำขังและ/หรือระดับ pH ที่ต่ำกว่า 6 ส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาริดักชันเปลี่ยนเป็นรูปที่เคลื่อนที่ได้มากขึ้นและเป็น Mn^{2+} ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้มาก ในขณะที่ pH สูงและดินถูกออกซิไดซ์จะทำให้ Mn^{2+} เปลี่ยนรูปไปเป็น Mn^{2+} เปลี่ยนรูปไปเป็น Mn^{4+} อันเป็นรูปออกไซด์ในดินที่ไม่ละลายน้ำ (Gambrell, 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
119604

สังกะสี (Zinc, Zn)

สังกะสีในส่วนที่เป็นธรณีภาค มีประมาณ 80 ppm และสังกะสีในดินมีค่าพิสัย 10-300 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 50 ppm หินอัคนีมีสังกะสีประมาณ 70 ppm ในขณะที่หินตะกอน (Shale) มีสังกะสีมากกว่า (95 ppm) หินปูน (20 ppm) หรือหินทราย (16 ppm) แร่ที่มีสังกะสีเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ Fraklinite ($ZnFe_2O_4$), Smithsonite ($ZnCO_3$) และ Willemite (Zn_2SiO_4) รูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่พบได้ในสารละลายดิน คือ Zn^{2+} และ Zn-chelate

สารละลายดินมีสังกะสีต่ำมากอยู่ในพิสัย 2-70 ppm โดยมากกว่าครึ่งหนึ่งของ Zn^{2+} ในสารละลายดินเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอินทรียวัตถุ (Havlin *et al.*, 1999)

ทองแดง (Copper, Cu)

ความเข้มข้นของทองแดงในเปลือกโลกมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 55-70 ppm หินอัคนีมีทองแดง 10-100 ppm ในขณะที่หินตะกอนมีเพียง 4-45 ppm ความเข้มข้นของทองแดงในดินอยู่ในพิสัย 1-40 ppm (เฉลี่ย 9 ppm) ในดินที่ขาดทองแดงอาจมีทองแดงทั้งหมดเพียง 1-2 ppm เท่านั้น ความเข้มข้นของทองแดงในสารละลายดินมักต่ำมาก อยู่ในพิสัยระหว่าง 10^{-8} และ 10^{-6} M

แร่ปฐมภูมิสำคัญที่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบได้แก่ Malachite ($Cu_2(OH)_2CO_3$) และ Cupric ferrite ($CuFe_2O_4$) แร่ทองแดงทุติยภูมิมีทั้ง Oxides, Carbonate, Silicate, Sulfate และ Chlorides แต่มักจะละลายได้มากจนไม่ค่อยพบในดิน

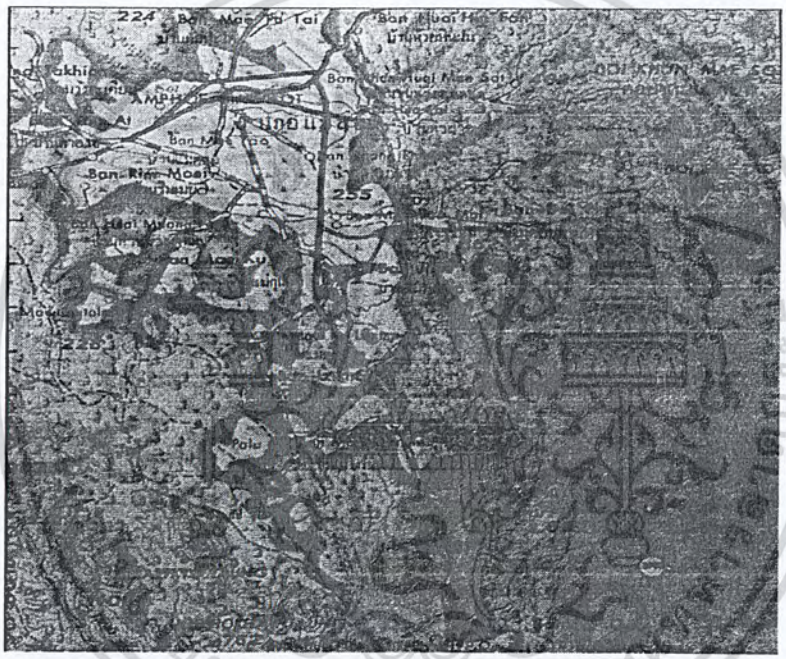
แทบทั้งหมดของทองแดงที่ละลายได้ในผิวหน้าดินมักเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอินทรียวัตถุและถูกอินทรียวัตถุดูดยึดเอาไว้ด้วยแรงที่มากกว่าจุลธาตุอื่นๆ (Havlin *et al.*, 1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

ภูมิประเทศ

อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก มีภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นเนินเขาและภูเขา (ภาพที่ 1) โดยที่ด้านตะวันตกของพื้นที่เป็นที่ต่ำกว่าบริเวณอื่นและลาดลงสู่แม่น้ำเมยซึ่งไหลจากทิศใต้ไปยังทิศเหนือ ตั้งแต่ตอนกลางของพื้นที่ไปจนถึงด้านตะวันตกเป็นเนินเขาและเทือกเขาสูง ทำให้ลำน้ำต่างๆไกลจากตะวันออกไปยังตะวันตกลงสู่แม่น้ำเมย ลำน้ำที่สำคัญได้แก่ ห้วยแม่สอด ห้วยแม่ตาว และห้วยแม่กุหลวง เป็นต้น



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาและบริเวณข้างเคียง

ที่มา : ดัดแปลงจาก แผนที่ประเทศไทย มาตราส่วน 1:250,000 ลำดับชุด 1501S ระวาง NE47-14 (เมาะลำเลิง) กรมแผนที่ทหาร (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางธรณีวิทยา

ภาพที่ 2 แสดงลักษณะธรณีวิทยาของอำเภอแม่สอด จะเห็นว่าด้านตะวันตกของอำเภอแม่สอดส่วนใหญ่เป็นหินดินดานและหินน้ำมัน (T) เป็นหน่วยหินแม่สอดอยู่ในยุกเทอร์เชียรี ที่ตอนกลางของพื้นที่เป็นหินปูนสีเทาถึงสีเทาดำ (R_j) และหินปูนสีเทาอ่อนที่วางเรียงตัวกัน จัดเป็นหน่วยหินห้วยหินฝน มีอายุอยู่ในยุคไทรแอสซิกช่วงบนจูแรสซิก สินแร่สังกะสีและเงินก็พบในบริเวณนี้

หน่วยหินอื่นๆที่พบได้แก่ หินปูนเนื้อสมานแน่นปนโดโลไมต์ (P) จัดเป็นหน่วยหินดอยพระวออยู่ในยุคเพอร์เมียน และหินปูนแบบชั้นมีก้อนเชิร์ต หินดินดานสีเทา หินทรายและหินดินดานเนื้อถ่าน (CP) จัดเป็นหน่วยหินผาละกา มีอายุอยู่ในยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน

สัญลักษณ์
SYMBOLS

———	ขอบเขต	— — —	ขอบเขตประเทศ	ทรัพยากรแร่
— —	รอยเลื่อน	.1235	จุดความสูงเป็นเมตร	. Zn, Ag สังกะสี, เงิน
20°	แนวระดับและมุมเทของชั้นหิน	═══	ถนน	
♂	ตำแหน่งขากดึกดำบรรพ์		ทางน้ำ	
A——B	แนวแสดงรูปตัดขวาง	◎	จังหวัด	
		O	อำเภอ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบาย
EXPLANATION

ชั้นหินและหินแปร SEDIMENTARY AND METAMORPHIC ROCKS	หน่วย FORMATION	อายุ AGE
T หินดินดานและหินน้ำมันมีซากสัตว์ดึกดำบรรพ์ของพวกปลา แมลงและใบไม้ต่างๆ หินกรวด หินทราย และหินปูนสีเทาถึงสีเทาอ่อน พบซากสัตว์ของพวกหอยขม ถ่านหินและดินสอพอง	แม่สอด MAESOT	เทอร์เชียรี TERTIARY
หินปูนสีเทาถึงสีเทาดำ และหินปูนสีเทาอ่อนที่เป็นชั้นๆวางเรียงตัวกัน พบซากดึกดำบรรพ์ของแอมโมไนท์ – แบคซิโอปอดและคอรัลรีฟ สลับด้วยหินดินดานหินทรายและหินกรวดมนเนื้อหินปูน สีเทาถึงสีน้ำตาลแดง	**ห้วยหินฝน** HUAI HIN FON	ช่วงบนไมนแอสซิก-จูแรสซิก Upper TRIASSIC-JURASSIC
P หินปูนเนื้อสมานแน่นปนโดโลไมต์ ไม่มีซากบรรพชีวิน หินปูนสีเทา หินดินดานและหินทราย	ดอยพระวอ DOI PHAWAR	เพอร์เมียน PERMAIN
CP หินปูนแบบชั้นมีก้อนเชิร์ต หินดินดานสีเทา หินทรายและหินดินดานเนื้อถ่าน	ผาละกา PHARAKA	คาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน CARBONIFEROUS - PERMAIN

ภาพที่ 2 แสดงลักษณะทางธรณีวิทยาของ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

ที่มา : ดัดแปลงจาก แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตราส่วน 1:250,000 ระวาง NE 47-14 (เมาะลำเลิง) กรมทรัพยากรธรณี (2527)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

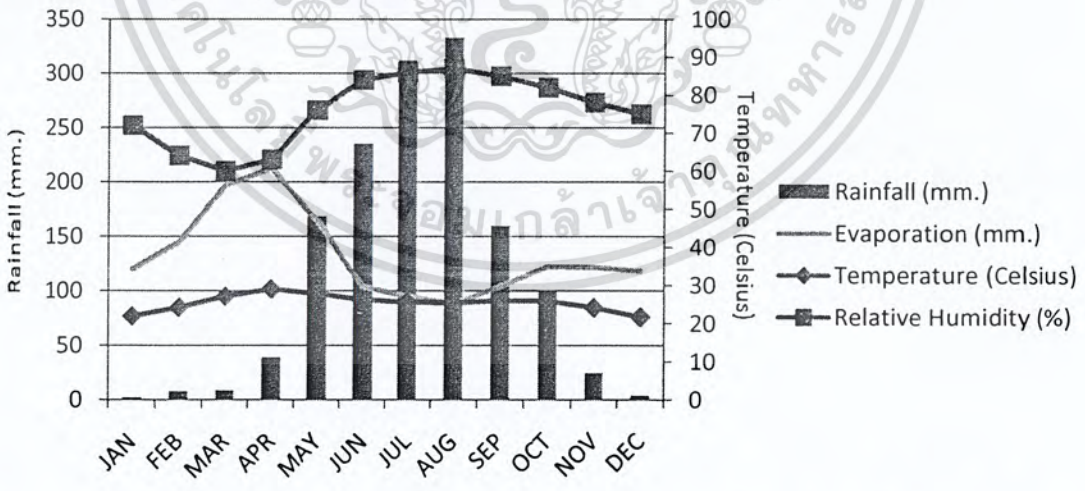
ตารางที่ 10 แสดงสถิติภูมิอากาศ (ปริมาณน้ำฝน จำนวนวันที่ตก ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ) ของอำเภอแม่สอด จังหวัดตากในคาบ 30ปี (พ.ศ. 2541-2543)

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL
Temperature (Celsius)													
Mean	21.9	24.2	27.1	29.0	27.8	26.2	25.6	25.4	26.0	25.9	24.1	21.7	25.4
Mean max.	31.0	33.4	35.6	36.5	33.9	31.1	30.1	29.8	31.2	31.8	30.9	30.0	32.1
Mean min.	14.6	16.2	19.6	22.9	23.9	23.5	23.1	23.0	23.1	22.2	19.0	15.1	20.5
Relative Humidity (%)													
Mean	72	64	60	63	76	84	86	87	85	82	78	75	76
Mean max.	94	90	85	84	90	95	95	96	96	95	95	95	93
Mean min.	40	34	34	40	56	69	72	73	67	62	52	45	54
Evaporation (mm.)													
Mean-pan	119.8	144.8	196.9	212	164.9	103.6	95	88.1	103.8	122.3	121.4	118.3	1590.9
Rainfall (mm.)													
Mean	2.3	8.0	8.7	38.9	168.8	235.3	312.4	333.3	159.9	98.8	24.7	4.2	1395.3
Mean rainy day	0.7	0.8	1.7	4.8	16.6	24.8	26.4	26.9	20.3	12.3	3.6	0.8	139.7
Daily maximum	14.4	73.0	22.6	58.7	96.2	89.3	207.4	118.8	79.0	67.9	51.0	61.7	207.4

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา (2546)

ภูมิอากาศ

อำเภอแม่สอดมีภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าเขตร้อน (Tropical savanna : Aw) จากข้อมูลภูมิอากาศในคาบ 30 ปี ของอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก (พ.ศ.2514-2543) (ตารางที่ 10 และภาพที่ 3) พบว่ามีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปี 1395.3 มิลลิเมตร โดยมีฝนตกมากในเดือนพฤษภาคมถึงกันยายน โดยเฉพาะในเดือนสิงหาคม จะมีปริมาณสูงถึง 333.3 มิลลิเมตร และในเดือนตุลาคมถึงเมษายน ปริมาณฝนเฉลี่ยจะลดลงมาก มีปริมาณฝนเฉลี่ยน้อยที่สุดในเดือนมกราคม 2.3 มิลลิเมตร จำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยตลอดปี 139.7 วัน เดือนสิงหาคมมีจำนวนวันที่ฝนตกมากที่สุด ในขณะที่เดือนมกราคมมีจำนวนวันที่ฝนตกน้อยที่สุด ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีร้อยละ 76 (เฉลี่ยสูงสุดร้อยละ 93 และเฉลี่ยต่ำสุดร้อยละ 54) อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 25.4°C (โดยอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 32.1°C และเฉลี่ยต่ำสุด 20.5°C) มี 7 เดือนที่มีการระเหยน้ำมากกว่าปริมาณฝนตก คือตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม และเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน ในขณะที่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม มีปริมาณฝนตกสูงกว่าการระเหยน้ำ จากการที่สภาพภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลาดเอียง ถ้าหากว่าช่วงที่มีฝนตกมากและไม่มีสิ่งปกคลุมดินก็อาจเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินอย่างรุนแรงเกิดการกร่อนดินอย่างรุนแรง น้ำจะไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำและพัดพาตะกอนมาด้วย จึงมีโอกาสทำให้แคดเมียมจะถูกพัดพามาพร้อมกับตะกอนต่างๆ และไหลลงสู่พื้นที่ต่ำกว่า

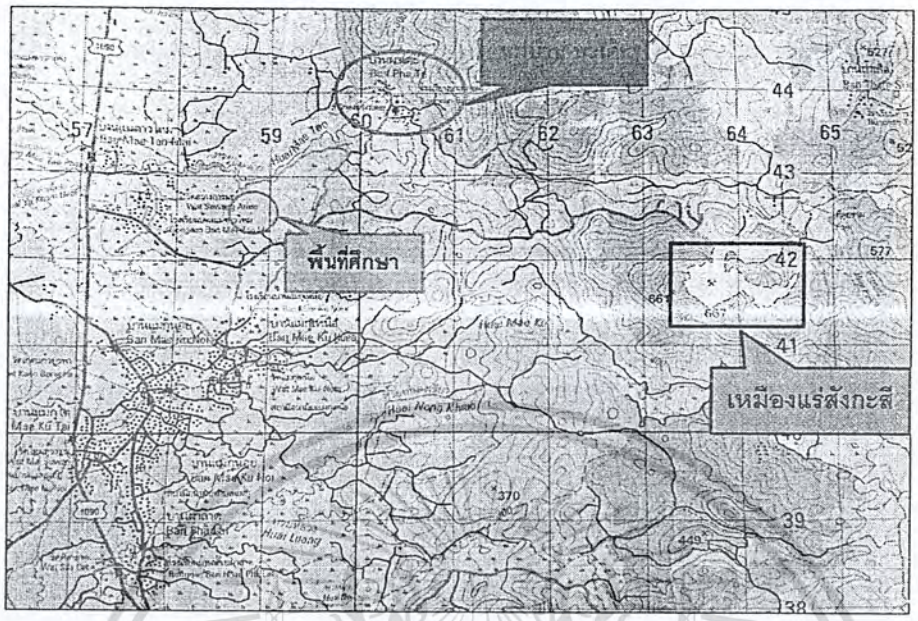


ภาพที่ 3 กราฟแสดงสถิติภูมิอากาศ (ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย จำนวนวันที่ฝนตก ความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิ) ของอำเภอแม่สอด จังหวัดตากในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2541-2543)

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา (2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมู่บ้านพะเด๊ะ ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก



ภาพที่ 4 แผนที่แสดงภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาและบริเวณข้างเคียง

ที่มา : ดัดแปลงจาก แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ชุดที่ L7018 ระวาง 4742 III (อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก) กรมแผนที่ทหาร (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์)

บ้านพะเด๊ะ ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก เป็นหมู่บ้านชาวเขาเผ่าปะกาเกอะญอ มีครัวเรือนทั้งหมด 139 ครัวเรือน มีประชากร 628 คน ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของอำเภอแม่สอด อยู่ในเขตตำบลพระธาตุผาแดง ชาวบ้านส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทำนา ทำไร่ และเป็นแรงงานในโรงงานอุตสาหกรรมในอำเภอแม่สอด (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2547)

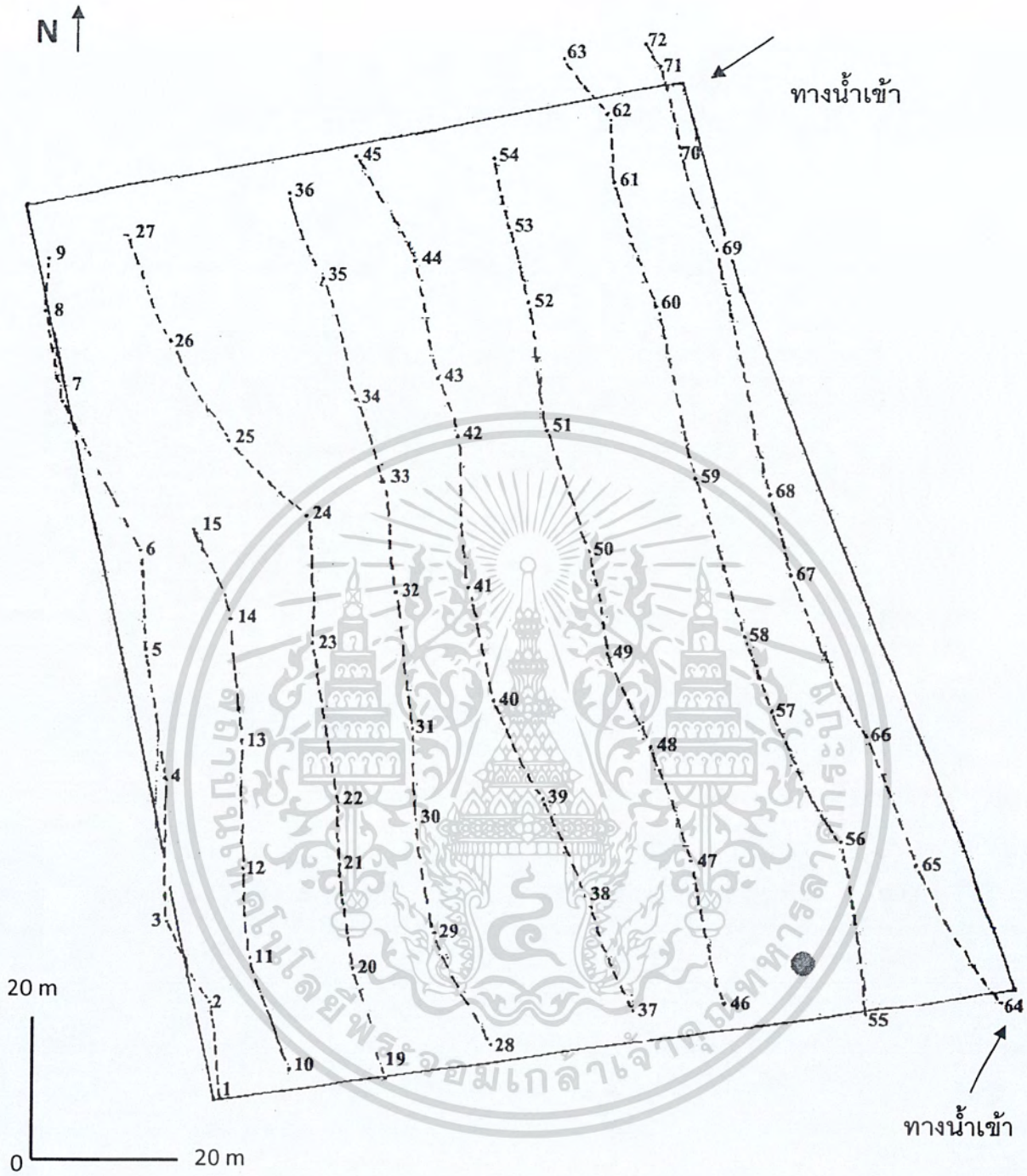
พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาเป็นนาข้าวของเกษตรกรในหมู่บ้านพะเด๊ะ (ภาพที่ 4) มีพื้นที่ประมาณ 12 ไร่ สภาพภูมิประเทศค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอดลาด ขอบด้าน เหนือ ใต้ ตะวันออกเฉียงเหนือ ตะวันตกเฉียงใต้ สูงกว่าบริเวณตอนกลางของพื้นที่ ด้านทิศใต้เป็นเนินเขาเตี้ยๆ ปลูกอ้อยและข้าวโพด มีร่องน้ำสายเล็กๆคั่นกลางซึ่งน้ำจากร่องน้ำแหล่งนี้จะถูกผันเข้าสู่ที่นา ณ บริเวณมุมด้านตะวันออกเฉียงใต้ของนา ด้านทิศเหนือของที่นาเป็นร่องน้ำที่แยกมาจากห้วยแม่ตาว มีขนาดกว้างกว่าร่องน้ำที่อยู่ทางทิศใต้ น้ำจากร่องน้ำจะผันเข้าที่นา ณ มุมด้านตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ด้านตะวันออกของแปลงนายังรับน้ำที่ระบายมาจากแปลงนาที่อยู่ข้างเคียงและด้านตะวันตกของแปลงนาก็มีช่องสำหรับระบายน้ำออกสู่แปลงนาถัดไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5 แสดงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (ระบบ UTM) ของแปลงนาที่เป็นพื้นที่ศึกษาและจุดอ้างอิง R1 และ R2 ซึ่งอยู่บริเวณที่ต่ำและที่สูงของเนินเขาตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 ภาพจำลองแสดงตำแหน่งการเก็บตัวอย่างดินของแต่ละ transect ของพื้นที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการศึกษา

1. เลือกพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาเป็นแปลงนาของเกษตรกร มีการปนเปื้อนแคดเมียม มีพื้นที่ประมาณ 12 ไร่ มีตำแหน่งภูมิศาสตร์อยู่ในจัตุรัส 1000x1000 เมตรที่ 5842 ของแผนที่ระวาง 4742 III ลำดับชุด L7018 (อำเภอแม่สอด) (กรมแผนที่ทหาร, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์) (ภาพที่ 4) ภาพที่ 5 แสดงตำแหน่งภูมิศาสตร์ระบบ UTM ของขอบแปลงทั้ง 4 มุม มีทางน้ำเข้าสู่แปลงนาจากทิศใต้และทิศเหนือ สภาพภูมิประเทศค่อนข้างราบเรียบ อยู่ระหว่างลำห้วยแม่ตาวทางทิศเหนือกับเนินเขาทางทิศใต้

ทางน้ำเข้าด้านตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษามาจากลำรางขนาดเล็กที่อยู่ระหว่างพื้นที่นากับเนินเขาทางทิศใต้ ส่วนทางน้ำเข้าด้านตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษามากจากลำรางที่ผันน้ำจากลำห้วยแม่ตาว ลำรางนี้กว้างและลึกกว่าลำรางที่อยู่ทางทิศใต้ของพื้นที่ศึกษา ลำรางทั้งสองนี้ไหลไปทางด้านทิศตะวันตก อย่างไรก็ตามพื้นที่ศึกษาทางทิศเหนือไม่ได้อยู่ติดกับลำราง เนื่องจากช่วงที่เก็บตัวอย่างดิน (เดือนพฤษภาคม) เกษตรกรเริ่มเตรียมแปลงหว่านกล้า ทำให้บางส่วนของพื้นที่ทางตอนเหนือที่ติดกับลำรางมีการไถพรวนและน้ำท่วมขัง แต่แปลงนาที่อยู่ตอนบนด้านตะวันออกเฉียงเหนือมีร่องน้ำขนาดเล็กสำหรับระบายน้ำเข้าสู่พื้นที่ศึกษาทำให้บางส่วนของพื้นที่ศึกษามีน้ำขังโดยเฉพาะด้านทิศเหนือและบางบริเวณมีน้ำขังลึกไม่สามารถเก็บตัวอย่างได้

2. การเก็บตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินกระจายทั่วทั้งพื้นที่โดยเก็บเป็นแถว (transect) ทั้งหมด 8 transect แต่ละ transect ห่างกันประมาณ 25-30 เมตร แต่ละ transect มีตัวอย่างดินประมาน 9 จุด มีเฉพาะ transect ที่ 2 เท่านั้นที่เก็บตัวอย่างดินได้เพียง 6 จุดเนื่องจากมีน้ำขัง ในทางเหนือของ transect จึงไม่สามารถเก็บดินได้ครบทุกจุด

การเก็บตัวอย่างในแต่ละจุดเป็นการเก็บอย่างเป็นระบบทั้งหมด (Systematic sampling) 4 ความลึก คือ 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 เซนติเมตร โดยใช้ขุดหลุมขนาด 25x30x30 เซนติเมตร และเก็บตัวอย่างจากด้านล่างขึ้นด้านบนของหลุมดิน มีเฉพาะจุดที่ A69 และ A70 ของ transect ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8 เท่านั้นที่เก็บได้เพียง 20 เซนติเมตรเนื่องจากมีน้ำท่วมขัง ภาพที่ 6 เป็นภาพจำลองแสดงจุดเก็บตัวอย่างดินในแปลง

นอกจากนี้ยังได้เก็บตัวอย่างดินจากแปลงอ้อยบนเนินเขาที่อยู่ด้านทิศใต้ของแปลงนาด้วย โดยเก็บจากที่ลุ่มซึ่งอยู่ติดกับลำรางกับที่สูง (R1, R2) ทั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบสมบัติของดินบางประการกับดินในแปลงนา

3. **การเตรียมตัวอย่างดิน**

ผึ่งตัวอย่างดินให้แห้งในที่ร่ม แยกชิ้นส่วนหยาบ บดด้วยโกร่งเซรามิค ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เก็บตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตรเพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

4. **การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน**

4.1 ปฏิกิริยาทางดิน (pH) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างดิน:น้ำ และ ดิน : 1N KCl เท่ากับ 1:5 แล้ววัดค่าปฏิกิริยาดินโดย pH Meter (Blackemore, *et al.*, 1987)

4.2 การนำไฟฟ้าของดิน (Electrical conductivity-EC) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างดิน : น้ำ เท่ากับ 1:5 แล้ววัดค่า EC โดย EC Meter (Rhoades,1996)

4.3 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus) โดยใช้น้ำยาสกัด Bray II แล้ววัดค่าด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Blackemore, *et al.*,1987)

4.4 แคดเมียมและจุลธาตุประจุบวก (Cd, Fe, Mn, Cu, Zn) โดยใช้น้ำยาสกัด 0.5 N DTPA pH 7.3 แล้ววัดค่าด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (สุมิตรา, 2549); (Blackemore, *et al.*, 1987)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการศึกษา

การศึกษาความผันแปรของแคดเมียมและจุลธาตุประจุบวกในพื้นที่นาขนาดเล็ก พบว่าแคดเมียมและจุลธาตประจุบวกมีความผันแปรตลอดพื้นที่ ทั้งในแนวดิ่ง (Vertical variability) และแนวระนาบ (Horizaltal variability) ตารางผนวกที่ 1 แสดงสมบัติทางเคมีบางประการที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของพื้นที่ศึกษา ภาพผนวกที่ 2-21 แสดงความผันแปรในแนวดิ่งและแนวราบของค่าวิเคราะห์ต่างๆ

ปฏิกิริยาดินในสนาม (pH_f)

pH_f ของทุกความลึกในพื้นที่ศึกษามีค่าอยู่ในพิสัย 6-8 โดยที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร และ 5-10 เซนติเมตร ของบางจุดมี pH_f ต่ำกว่าที่พบในดินล่าง (ภาพผนวกที่ 2) และบริเวณขอบแปลงด้านตะวันออก ตะวันตก และทิศเหนือ มี pH_f ของดินบน 0-5 เซนติเมตร สูงกว่าที่พบในบริเวณอื่นของแปลง (ภาพผนวกที่ 3)

pH_f ของจุดอ้างอิงที่อยู่ต่ำ (R1) มีค่าอยู่ในพิสัย 6.5-7 โดยดินบนมีค่าต่ำกว่าที่พบในดินล่างในขณะที่จุดอ้างอิงซึ่งอยู่ที่สูง (R2) มีค่าเท่ากับ 6-6.5 โดยที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร มีค่าสูงที่สุด

ปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยน้ำ (pH_w)

pH_w ของทุกความลึกของพื้นที่ศึกษา มีค่าอยู่ในพิสัย 5.5-7.69 โดยส่วนใหญ่มีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึก (ภาพผนวกที่ 4) มีเพียงบางจุดเท่านั้นที่ pH_w ลดลงตามความลึก เช่น A32

จุดอ้างอิง R1 ซึ่งอยู่ที่ต่ำ มี pH_w อยู่ในพิสัย 6.48-6.66 โดยดินบน 0-5 เซนติเมตร มีค่าต่ำที่สุดในขณะที่ความลึกอื่นไม่ต่างกันมากนัก ส่วนจุดอ้างอิง R2 ซึ่งอยู่บนที่สูง ค่า pH_w ค่อนข้างไม่ต่างกันตลอดความลึก (6.67-6.74)

ความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_w ในพื้นที่ศึกษาเป็นดังนี้ (ภาพผนวกที่ 5)

ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร มีค่า pH_w อยู่ในพิสัย 5.5-7.23 ซึ่งเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง โดยมีเพียงบางจุดเท่านั้นที่ pH_w เป็นกลาง (6.6-7.3) ได้แก่ A2, A5, A12, A46, A47 และ A64 ซึ่งอยู่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา ส่วน pH_w ที่เป็นกรดเล็กน้อย 6.03-6.55 พบในบริเวณขอบแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านตะวันตกเฉียงใต้ ตะวันออก และด้านเหนือของพื้นที่ศึกษาและ pH_w ที่เป็นกรดแก่ถึงกรดปานกลาง (5.5-6.0) ซึ่งเป็นค่าที่พบมาก พบในบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา (ภาพผนวกที่ 5 ก)

ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร pH_w มีค่าอยู่ในพิสัย 5.55-6.91 ซึ่งเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง โดยมีการแจกกระจายทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา ในรูปแบบเดียวกับที่พบในความลึก 0-5 เซนติเมตร คือ pH_w ที่เป็นกลาง (6.61-6.91) พบที่ขอบแปลงด้านตะวันตก (A1-A5) มุมแปลงด้านบนขวาและด้านล่างขวาในขณะที่ pH_w ซึ่งเป็นกรดเล็กน้อย (6.07-6.48) พบที่ขอบแปลงด้านทิศใต้และทิศเหนือและบางจุดของด้านตะวันตก ส่วน pH_w ที่เป็นกรดแก่ถึงกรดปานกลาง (5.5-6.04) พบในตอนกลางของพื้นที่ศึกษาและเป็นค่า pH_w ส่วนใหญ่ของความลึกนี้ (ภาพผนวกที่ 5 ข)

ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร pH_w อยู่ในพิสัย 5.56-7.64 โดย pH_w ที่สูงกว่า 7.0 (7.06-7.64) พบในบางจุดทางตอนเหนือของพื้นที่ศึกษา (A27, A34, A36 และ A43) ส่วน pH_w ที่อยู่ระหว่าง 6.50-7.00 พบที่ของแปลงด้านตะวันตก ตะวันออก ถึงขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงเหนือ ในขณะที่ pH_w ซึ่งพบมากที่สุดในพื้นที่ศึกษาคือ 6.0-6.5 พบอยู่ทั่วทั้งแปลง และมีเพียงจุด A32 และ A49 เท่านั้นที่ pH_w ต่ำกว่า 6.0 (ภาพผนวกที่ 5 ค)

ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร pH_w อยู่ในพิสัย 5.88-7.69 โดย pH_w ที่ต่ำกว่า 6 พบที่จุด A23, A32 และ A34 ในขณะที่ pH_w ที่มีค่าสูงกว่า 7 ส่วนใหญ่พบที่แปลงด้านทิศเหนือ ส่วน pH_w ที่อยู่ระหว่าง 6.5-7 พบบริเวณขอบแปลงทุกด้าน สำหรับพื้นที่ตอนกลางของแปลงมี pH_w อยู่ในพิสัย 6.05-6.5 ซึ่งเป็นค่า pH_w ส่วนใหญ่ของแปลง (ภาพผนวกที่ 5 ง)

ปฏิกิริยาดินที่วัด 1N KCl (pH_k)

pH_k ทุกความลึกของทุกจุดในพื้นที่ศึกษามีค่าต่ำกว่า pH_w โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 3.86-6.93 การแจกกระจายตามความลึกพบว่าโดยส่วนใหญ่ pH_k มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก (ภาพผนวกที่ 6) มีเพียงบางจุดเท่านั้นที่ลดลงตามความลึก ได้แก่ A1, A8, A9, A10, A28, A32, A37, A55, A64, A65, A69, A70 และ A71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดอ้างอิง R1 ซึ่งอยู่ที่ต่ำ มีค่า pH_k เท่ากับ 6.48-6.66 โดยดินบน 0-5 เซนติเมตร มีค่าต่ำที่สุดนอกนั้นไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนจุดอ้างอิง R2 ซึ่งอยู่ที่สูง pH_k มีค่าเท่ากับ 6.67-6.74 และไม่ต่างกันมากนักในทุกช่วงความลึก

ความผันแปรเชิงพื้นที่ของค่า pH_k ทั่วทั้งแปลงเป็นดังนี้ (ภาพผนวกที่ 7)

ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร pH_k อยู่ในพิสัย 4.25-6.97 โดยค่า pH_k ที่สูงกว่า 6.5 (6.81-6.97) พบที่ A12 และ A64 ส่วน pH_k ที่อยู่ระหว่าง 6.0-6.5 (6.06 และ 6.10) พบที่มุมบนขวาของแปลง (A63 และ A71) ในขณะที่ pH_k อยู่ระหว่าง 5.5-6.0 พบกระจายอยู่ด้านเหนือของแปลง (A8, A9, A45 และ A72) ด้านตะวันตกและตะวันออก (A14 และ A67 ตามลำดับ) และด้านทิศใต้ของแปลง (A10, A46 และ A50) ส่วน pH_k ที่อยู่ระหว่าง 4.5-5.0 ซึ่งเป็นค่า pH_k ส่วนใหญ่ของแปลง พบในบริเวณตอนกลางแปลงตั้งแต่ทิศใต้ไปถึงทิศเหนือ ในขณะที่ pH_k ระหว่าง 5.0-5.5 พบอยู่ขอบแปลงทุกด้านและอยู่ล้อมรอบ pH_k 4.5-5.0 pH_k ที่มีค่าต่ำที่สุด (4.25-4.49) พบอยู่บริเวณกลางแปลงด้านในสุด (A23, A31, A39, A40 และ A41) และบางจุดค่อนไปทางตอนเหนือของแปลง (A34 และ A52) (ภาพผนวกที่ 7 ก)

ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร pH_k อยู่ในพิสัย 3.86-6.48 โดยค่า pH_k ที่สูงกว่า 6.0 พบที่มุมด้านตะวันตกเฉียงใต้และตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง ส่วน pH_k ที่มีค่าระหว่าง 5.5-6.0 พบในบริเวณขอบแปลงด้านตะวันตกและตะวันออกเฉียงเหนือ ในขณะที่ pH_k มีค่าในพิสัย 5.0-5.5 พบมากบริเวณด้านเหนือของแปลงและกระจายอยู่ในบางบริเวณของขอบแปลง (A40, A41 และ A51) รวมทั้ง A67 ที่อยู่ขอบแปลงด้านตะวันออกด้วย ค่า pH_k ที่อยู่ระหว่าง 4.5-5.0 ซึ่งเป็นค่าส่วนใหญ่ของแปลงพบอยู่ทั่วทั้งแปลงโดยเฉพาะตั้งแต่ตอนกลางของแปลงไปทางด้านตะวันตกและด้านตะวันออกเฉียงเหนือของแปลง ส่วนค่า pH_k ที่ต่ำกว่านี้ (3.86-4.5) พบอยู่สองบริเวณใหญ่ๆคือ ด้านตะวันออกเฉียงใต้ที่ขอบแปลงกับตอนกลางค่อนไปทางตะวันตกของแปลง (ภาพผนวกที่ 7 ข)

ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร pH_k อยู่ในพิสัย 4.35-5.93 โดย pH_k ที่สูงกว่า 6.5 พบไม่มากนักทางตอนเหนือของแปลง (A27, A36 และ A43) ส่วน pH_k ที่อยู่ในพิสัย 6.0-6.5 ก็พบทางตอนเหนือของแปลงเช่นเดียวกัน (A7, A34, A35, A45) และพบที่มุมแปลงด้านตะวันตกเฉียงใต้ (A1 และ A21) pH_k ที่มีค่า 5.5-6.0 ซึ่งเป็นค่าที่มีมากที่สุดในแปลงส่วนใหญ่พบอยู่ตอนกลางของแปลงตั้งแต่ด้านตะวันออกไปถึงด้านตะวันตก นอกจากนี้ยังพบที่ด้านตะวันออกเฉียงเหนือและด้านใต้ของแปลง ส่วน pH_k 5.0-5.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบมากที่ทิศใต้ของแปลงโดยเฉพาะด้านตะวันตกเฉียงใต้ นอกจากนี้ยังพบที่ด้านตะวันออกเฉียงเหนือของแปลงด้วย (ภาพผนวกที่ 7 ค)

ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร pH_k อยู่ในพิสัย 4.63-6.91 ค่า pH_k ที่สูงกว่า 6.5 พบเฉพาะที่ด้านเหนือของแปลง เช่นเดียวกับ pH_k ที่อยู่ระหว่าง 6.0-6.5 ซึ่งพบอยู่ตอนบนด้านตะวันตกและตะวันออกของแปลงเป็นส่วนใหญ่ สำหรับ pH_k ที่อยู่ระหว่าง 5.5-6.0 พบถัดลงมาจากบริเวณที่มี pH_k สูงกว่า 6 ลงมาจนเกือบถึงขอบแปลงด้านทิศใต้และเป็นค่า pH_k ส่วนใหญ่ของแปลง ส่วน pH_k ที่ต่ำกว่า 5.5 พบในบริเวณของแปลงด้านทิศใต้เป็นส่วนใหญ่และพบเพียงเล็กน้อยที่ด้านตะวันออกของแปลง (A58 และ A67) (ภาพผนวกที่ 7 ง)

การนำไฟฟ้าของดิน (Electrical Conductivity: E.C.)

E.C. มีค่าอยู่ในพิสัย 30.7-777.0 µS/cm โดยส่วนใหญ่แจกกระจายในรูปแบบที่ลดลงตามความลึกมีเพียงบางจุดเท่านั้นที่ค่า E.C. เพิ่มขึ้นตามความลึก ได้แก่ A22, A26, A36 และ A44 (ภาพผนวกที่ 8)

จุดอ้างอิงทั้ง 2 จุด มีค่า E.C. ลดลงตามความลึก โดย R1 ซึ่งอยู่ต่ำกว่ามีค่า E.C. สูงกว่า R2 (97.8-130.6 และ 25.7-43.5 µS/cm ตามลำดับ)

ความผันแปรเชิงพื้นที่ของค่า E.C. ในพื้นที่ศึกษาเป็นดังนี้ (ภาพผนวกที่ 9)

ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร E.C.ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในพิสัย 100-315 µS/cm มีเพียงบางจุด A12 เท่านั้นที่ค่า E.C. ต่างจากบริเวณอื่นๆของแปลงคือมีค่า 777 µS/cm และ A36 กับ A62 ที่ค่า E.C. ต่ำกว่า 100 µS/cm (96.7 และ 76.7 µS/cm ตามลำดับ) บริเวณของแปลงที่ค่า E.C. อยู่ในพิสัย 100-150 µS/cm พบแจกกระจายในแนวตะวันออกเฉียงใต้-ตะวันตกเฉียงเหนือของแปลง และที่มุมบนขวาของแปลง (ด้านตะวันออกเฉียงเหนือของแปลง) ในขณะที่ค่า E.C. มีมากกว่า 200 µS/cm พบแจกกระจายเป็นจุดๆทางด้านทิศใต้ของแปลงไปจนถึงตอนกลางของแปลง (ภาพผนวกที่ 9 ก)

ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร มีค่า E.C. อยู่ในพิสัย 66.5-238 µS/cm โดยค่า E.C. ที่ต่ำกว่า 100 µS/cm พบมากบริเวณขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ พบบ้างที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้และตะวันตกเฉียงเหนือ ในขณะที่ค่า E.C. 100-150 µS/cm ซึ่งเป็นค่าที่เด่นที่สุดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความลึกนี้ พบมากในแนวตะวันออกเฉียงใต้-ตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ และพบบ้างที่มุมแปลงด้านตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนค่า E.C. 150-200 µS/cm พบเพียงเล็กน้อยในด้านทิศใต้และตอนกลางของแปลง ค่า E.C. ที่มากกว่า 200 µS/cm พบที่จุด A11, A12 และ A51 (ภาพผนวกที่ 9 ข)

ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร มีค่า E.C. อยู่ในพิสัย 35.1-171 µS/cm โดยค่า E.C. ที่ต่ำกว่า 50 µS/cm พบน้อยมาก (A2, A28, A3, A56 และ A58) ในขณะที่ค่า E.C. 50-100 µS/cm ซึ่งเป็นค่า E.C. ส่วนใหญ่ของความลึกนี้ พบมากตั้งแต่ตอนกลางของแปลงลงไปถึงตอนใต้สุดและพบที่ด้านตะวันออกเฉียงเหนือของแปลง ส่วนค่า E.C. 100-150 µS/cm พบในตอนกลางของแปลงขึ้นไปทางเหนือเป็นส่วนใหญ่ พบบ้างบริเวณด้านตะวันตกของแปลงที่อยู่ถัดจากขอบแปลงเข้าไปด้านใน และค่า E.C. ที่มากกว่า 150 µS/cm พบที่จุด A12, A32 และ A34 (ภาพผนวกที่ 9 ค)

ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร ค่า E.C. ส่วนใหญ่อยู่ในพิสัย 30.7-205 µS/cm โดยบริเวณที่มี E.C. ต่ำกว่า 50 µS/cm มีไม่มากนัก พบที่ด้านทิศใต้ของแปลง ขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้และมุมด้านตะวันออกเฉียงเหนือ ค่า E.C. ที่สูงกว่า 250 µS/cm พบที่จุด A7 และ A12 ส่วนค่า E.C. ที่อยู่ในพิสัย 100-150 µS/cm พบมากในบริเวณมุมด้านตะวันตกเฉียงเหนือของแปลงและแจกกระจายออกมาทางตะวันออกเพียงเล็กน้อย และพบเป็นแนวเล็กๆในทิศตะวันออกเฉียงใต้ ตะวันตกเฉียงเหนือ ในช่วงตอนกลางของแปลง ส่วนค่า E.C. ที่เด่นที่สุดในความลึกนี้คือ 50-100 µS/cm ซึ่งพบมากในด้านตะวันออกของแปลงและตั้งแต่ตอนกลางของแปลงลงไปถึงตอนใต้สุดของพื้นที่ (ภาพผนวกที่ 9 ง)

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus: Avail P)

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าอยู่ในพิสัย 1.02-34.89 ppm โดยมีการแจกกระจายที่ไม่สม่ำเสมอตลอดพื้นที่และทุกช่วงความลึกและส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงตามความลึก นอกจากนี้ยังพบอีกว่า ดินบน 0-5 และ 5-10 เซนติเมตร มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าที่พบในความลึก 10-20 และ 20-30 เซนติเมตร อย่างชัดเจน มีเพียงบางจุดเท่านั้นที่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นตามความลึก ได้แก่ A5, A26, A36, A39, A47 และ A68 (ภาพผนวกที่ 10)

จุดอ้างอิง R1 ที่อยู่ต่ำ มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในพิสัย 4.99-5.81 ppm โดยดินบน 0-5 มีค่าต่ำที่สุด ส่วนช่วงความลึกอื่นไม่ต่างกันมากนัก ในขณะที่ R2 ซึ่งอยู่ที่สูง มีค่าอยู่ที่ 4.64-5.57 ppm และดินบน 0-5 เซนติเมตร มีค่าสูงที่สุดในขณะที่ช่วงความลึกอื่นไม่ต่างกันมากนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความผันแปรเชิงพื้นที่ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ตลอดพื้นที่และทุกช่วงความลึกเป็นดังนี้ (ภาพผนวกที่ 11)

ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในพิสัย 2.28-34.89 ppm โดยจุด A40 มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุดและ A12 มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงที่สุด บริเวณที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 3-6 ppm พบแจกกระจายเป็นจุดๆตั้งแต่ตอนกลางของแปลงไปถึงตอนเหนือของแปลง บริเวณที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 6-10 ppm พบเป็นวงแหวนอยู่ตอนกลางของแปลงพบจุดที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่านี้และต่ำกว่านี้ของแปลง (A31, A37, A40, A41, A49, A50) ส่วนบริเวณที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 10-15 ppm ส่วนใหญ่อยู่ขอบแปลงด้านตะวันออก พบบ้างที่มุมแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือ และวันตกเฉียงใต้ และพบที่จุด A32 และ A50 ซึ่งอยู่ภายในวงแหวนของค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 5-10 ppm ค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 15-25 ppm ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่ค่อนข้างสูงส่วนใหญ่พบที่ด้านทิศใต้ของแปลง และพบบ้างที่มุมแปลงด้านตะวันออกเฉียงเหนือ ค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 25-45 ppm ซึ่งเป็นค่าที่สูง พบที่จุด A49, A12 และ A64 (ภาพผนวกที่ 11 ก)

ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าอยู่ในพิสัย 1.99 - 29.72 ppm โดยจุดที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก (<3 ppm) พบกระจายอยู่ในพื้นที่ที่ไม่มากนัก ได้แก่จุด A36, A31, A38, A40 และ A50 ส่วนบริเวณที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ (3-6 ppm) ซึ่งเป็นค่าที่เด่นที่สุดของช่วงความลึกนี้ ส่วนใหญ่พบตั้งแต่ตอนกลางของแปลงไปจนถึงตอนใต้สุดของแปลง และพบบ้างที่ตอนบนของแปลงด้านตะวันออกเฉียงเหนือค่อนตะวันตกเฉียงใต้ บริเวณที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างต่ำ (6-10 ppm) พบแจกกระจายอยู่ด้านตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ของแปลงเป็นส่วนใหญ่ บริเวณที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ปานกลาง (10-15 ppm) พบเป็นจุดๆที่มุมแปลงด้านตะวันออกเฉียงเหนือตะวันออกเฉียงใต้และตะวันตกเฉียงใต้ ส่วนบริเวณที่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างสูง (15-25 ppm) พบเพียงสองจุด คือ A1 และ A51 ในขณะที่บริเวณที่ฟอสฟอรัสสูงมากพบเพียงจุดเดียวคือ A23 (29.72 ppm) (ภาพผนวกที่ 11 ข)

ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าอยู่ในพิสัย 1.01-12.60 ppm โดยจุดที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก (<3 ppm) แจกกระจายอยู่ตอนกลางด้านตะวันตกของแปลงและด้านตะวันตกเฉียงใต้ของแปลง พบบ้างที่มุมแปลงด้านตะวันออกเฉียงเหนือและเฉียงใต้ ฟอสฟอรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เป็นประโยชน์ที่มีค่า 6-10 ppm พบไม่มากนัก แจกกระจายอยู่ด้านตะวันตกของแปลงเป็นส่วนใหญ่ ส่วนฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่มากกว่า 10 ppm พบเพียงจุดเดียวคือ A71 ซึ่งอยู่มุมแปลงด้านตะวันออกเฉียงเหนือ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่อยู่ในพิสัย 3-6 ppm เป็นค่าที่พบมากที่สุดในช่วงความลึกนี้โดยแจกกระจายอยู่ทั่วทั้งแปลง (ภาพผนวกที่ 11 ค)

ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าอยู่ในพิสัย 1.52-8.56 ppm โดยบริเวณที่มีค่าน้อยกว่า 3 ppm ส่วนใหญ่อยู่ด้านตะวันตกของแปลง และพบบ้างที่มุมแปลงด้านตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนบริเวณที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากกว่า 5 ppm พบที่มุมแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้ ในขณะที่บริเวณส่วนใหญ่ของแปลงมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในพิสัย 3-6 ppm (ภาพผนวกที่ 11 ง)

แคดเมียม (Cadmium: Cd)

ตลอดพื้นที่ศึกษามีแคดเมียมอยู่ในพิสัย 0.02-2.26 ppm โดยมีค่าสูงมากที่ดินบน 0-5 และ 5-10 เซนติเมตร หลังจากนั้นมีค่าต่ำลงกว่าเดิมอย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังพบอีกว่าตอนเหนือและตอนใต้ของพื้นที่ศึกษามีแคดเมียมสูงกว่าที่พบบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษา (ภาพผนวกที่ 12)

จุดอ้างอิง R1 ซึ่งอยู่ต่ำ มีแคดเมียมอยู่ในพิสัย 0.026-0.415 ppm โดยมีค่าลดลงตามความลึก ส่วน R2 ซึ่งอยู่สูงกว่า มีแคดเมียมในความลึก 5-30 เซนติเมตร สูงกว่าที่พบในจุดอ้างอิง R1 โดยตลอดความลึกมีค่าอยู่ในพิสัย 0.166-0.432 ppm

ความผันแปรเชิงพื้นที่ของแคดเมียมในทุกความลึกของพื้นที่ศึกษาเป็นดังนี้ (ภาพผนวกที่ 13)

ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร มีแคดเมียมอยู่ในพิสัย 0.11-1.92 ppm โดยปริมาณแคดเมียมที่อยู่ในพิสัย 0.1-0.3 ppm พบในช่วงกลางแปลงไปถึงด้านตะวันตกของแปลง ในขณะที่บริเวณที่พบแคดเมียมในพิสัย 0.3-0.5 ppm อยู่ถัดออกจากบริเวณแรก (มีแคดเมียม 0.1-3 ppm) ในทางเหนือ ใต้ และตะวันออก ส่วนบริเวณที่พบแคดเมียมในพิสัย 0.5-1 ppm คือ ขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ ตะวันออกเฉียงเหนือ และมุมแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือ และส่วนของแปลงที่พบแคดเมียมในปริมาณ 1-1.5 ppm คือมุมด้านตะวันออกเฉียงเหนือสุดของแปลง และตอนเหนือของแปลง ก่อนจะถึงบริเวณเหนือสุดซึ่งมีปริมาณแคดเมียมสูงที่สุดของแปลง (1.70-1.92 ppm) (ภาพผนวกที่ 13 ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร มีแคดเมียมอยู่ในพิสัย 0.05-2.26 ppm โดยที่บริเวณที่มีแคดเมียมสูงกว่า 1.5 ppm พบที่ตอนเหนือของแปลง (A27และ A45) เช่นเดียวกับบริเวณที่มีแคดเมียม 1-1.5 ppm (1.03-1.29 ppm) ที่พบทางตอนเหนือของแปลงและพบที่จุด A64 ส่วนบริเวณที่พบแคดเมียม 0.5-1 ppm พบที่มุมด้านตะวันออกเฉียงเหนือของแปลง และขอบแปลงด้านทิศใต้ และบริเวณที่มีแคดเมียม 0.3-0.5 ppm จะอยู่ถัดจากบริเวณที่มีแคดเมียม 0.5-1 ppm เข้าไปด้านในของแปลง สำหรับส่วนที่อยู่ด้านเหนือของแปลงและอยู่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง

ปริมาณแคดเมียมส่วนใหญ่ที่พบในความลึกนี้คือ 0.1-0.3 ppm โดยแจกกระจายอยู่ในตอนกลางของแปลง ในขณะที่บริเวณนี้มีแคดเมียมต่ำกว่า 0.05 ppm นั้นพบไม่มากนักอยู่ทางด้านตะวันตกของแปลงเป็นส่วนใหญ่ (ภาพผนวกที่ 13 ข)

ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร แคดเมียมมีปริมาณอยู่ในพิสัย 0.02-0.82 ppm โดยค่าที่สูงกว่า 0.5 ppm (0.51-0.82 ppm) พบที่มุมแปลงด้านตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนบริเวณที่มีแคดเมียมต่ำกว่า 0.03 ppm พบที่ด้านตะวันตกของแปลง ใน transect ที่ 1และ 2 เป็นส่วนใหญ่ พบเพียงเล็กน้อยที่ตอนกลางของแปลง ใน transect ที่ 5 และ 6 ปริมาณแคดเมียมในพิสัย 0.03-0.05 ppm ส่วนใหญ่พบที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง ส่วนบริเวณที่พบแคดเมียมในพิสัย 0.05-0.1 ppm ส่วนใหญ่จะอยู่ตอนกลางค่อนไปทางตะวันตกของแปลง โดยพบอยู่ด้วยกับบริเวณที่มีแคดเมียมไม่เกิน 0.03 ppm เป็นส่วนใหญ่ และบริเวณที่มีแคดเมียม 0.1-0.3 ppm พบมากที่ตอนบนของแปลงค่อนไปทางทิศเหนือ ในขณะที่จุดอื่นๆคือ A10, A31, A32, A48, A65 และ A66 ส่วนบริเวณที่พบแคดเมียม 0.3-0.5 ppm พบที่ขอบแปลงทางทิศเหนือ และที่มุมแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ (A64) (ภาพผนวกที่ 13 ค)

ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร แคดเมียมมีปริมาณอยู่ในพิสัย 0.02-0.29 ppm โดยแคดเมียมที่มีค่าต่ำกว่า 0.03 ppm พบเป็นบริเวณกว้างสุด อยู่ในตอนกลางของแปลงลงไปถึงขอบแปลงด้านทิศใต้และตะวันตก ส่วนแคดเมียมที่อยู่ในพิสัย 0.03-0.05 ppm พบที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง พบเป็นแนวตะวันตกเฉียงใต้ถึงตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ตอนกลางและตอนเหนือของแปลง ในขณะที่บริเวณที่มีแคดเมียม 0.05-0.1 ppm ส่วนใหญ่อยู่ขอบแปลงทางทิศเหนือ เช่นเดียวกับบริเวณที่พบแคดเมียม 0.1-0.3 ppm (ภาพผนวกที่ 13 ง)

สังกะสี (Zinc: Zn)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังกะสีของพื้นที่ศึกษามีปริมาณอยู่ในพิสัย 0.13-47.23 ppm โดยแจกกระจายไม่สม่ำเสมอตลอดพื้นที่และตลอดความลึก ปริมาณที่พบในความลึก 0-5 และ 5-10 เซนติเมตร สูงกว่าที่พบในความลึก 10-20 และ 20-30 เซนติเมตร อย่างเห็นได้ชัด (ภาพผนวกที่ 14) และยังพบอีกว่าตอนเหนือของแปลงมีปริมาณสังกะสีสูงกว่าที่พบในตอนใต้และตอนกลางของแปลงตามลำดับ

จุดอ้างอิง R1 ซึ่งอยู่ต่ำ มีสังกะสีอยู่ในพิสัย 0.21-5.91 ppm และมีค่าลดลงตามความลึก รวมทั้งเป็นค่าที่มีแนวโน้มต่ำกว่าที่พบในจุดอ้างอิง R1 ซึ่งอยู่สูงกว่าด้วย (0.92-13.40 ppm)

ความผันแปรเชิงพื้นที่ของสังกะสีทั่วพื้นที่ศึกษาเป็นดังนี้ (ภาพผนวกที่ 15)

ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร สังกะสีมีปริมาณอยู่ในพิสัย 2.68-47.23 ppm โดยขอบแปลงด้านเหนือสุดมีสังกะสีสูงที่สุดของพื้นที่ (20.08-38.6 ppm) บริเวณอื่นที่มีสังกะสีสูงกว่า 20 ppm คือ จุด A50 ที่อยู่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง ส่วนบริเวณที่มีสังกะสี 10-20 ppm อยู่ถัดเข้ามาจากขอบแปลงด้านเหนือ และพบที่ด้านตะวันออกเฉียงเหนือของแปลง ในขณะที่บริเวณที่มีสังกะสีต่ำกว่า 5 ppm พบที่ด้านตะวันตกของแปลง กับมุมแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือ ส่วนบริเวณตรงกลางของแปลงที่อยู่ล้อมรอบมีปริมาณสังกะสีอื่นๆนั้นมีสังกะสีอยู่ในปริมาณ 5-10 ppm ซึ่งเป็นค่าที่เด่นที่สุดของความลึกนี้ (ภาพผนวกที่ 15 ก)

ที่ความลึก 5-10 ppm มีสังกะสีอยู่ในพิสัย 0.65-47.23 ppm ความผันแปรของสังกะสีเป็นเช่นเดียวกับที่พบในความลึก 0-5 เซนติเมตร คือ ตอนเหนือสุดของแปลงมีสังกะสีมากที่สุด (20.89-47.23 ppm) และถัดจากส่วนนี้ของแปลงเข้ามาด้านในเป็นบริเวณที่มีสังกะสี 10-20 ppm บริเวณอื่นที่มีสังกะสี 10-20 ppm คือด้านตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง ส่วนบริเวณที่มีสังกะสี 10-20 ppm ลงไปซึ่งพบเป็นส่วนใหญ่ของแปลง จะอยู่ตอนกลางของแปลง และจะเห็นว่าด้านตะวันตกของส่วนนี้มีสังกะสีต่ำสุดในแปลง (ภาพผนวกที่ 15 ข)

ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร สังกะสีมีปริมาณอยู่ในพิสัย 0.13-38.25 ppm โดยด้านเหนือของแปลงโดยเฉพาะมุมด้านตะวันออกเฉียงเหนือมีสังกะสีสูงกว่าบริเวณอื่นๆ ส่วนบริเวณอื่นของแปลงมีสังกะสีอยู่ในพิสัย 0.13-4.87 ppm โดยมุมแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้กับตะวันตกเฉียงเหนือมีสังกะสีสูงกว่าบริเวณอื่นของส่วนนี้ และนอกจากจะพบความผันแปรของสังกะสีทั่วทั้งบริเวณของส่วนนี้แล้วยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบอีกว่าด้านเหนือของส่วนนี้ซึ่งอยู่ติดกับขอบแปลงที่มีสังกะสีสูงกว่าส่วนอื่นๆของแปลงที่มีสังกะสีสูงเช่นกัน (ภาพผนวกที่ 15 ค)

ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร สังกะสีมีปริมาณอยู่ในพิสัย 0.13-9.3 ppm แต่ส่วนใหญ่จะมีปริมาณต่ำกว่า 1 ppm ตอนเหนือของแปลงมีสังกะสีสูงกว่าบริเวณอื่นๆ (ภาพผนวกที่ 15 ง)

เหล็ก (Iron: Fe)

เหล็กเป็นจุลธาตุที่พบมากที่สุดในพื้นที่ศึกษาโดยมีปริมาณอยู่ในพิสัย 3.32-456.98 ppm โดยที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร และ 5-10 เซนติเมตร มีปริมาณเหล็กสูงกว่าที่พบในความลึกที่มากกว่านี้อย่างเห็นได้ชัด (ภาพผนวกที่ 16)

จุดอ้างอิง R1 ที่อยู่ต่ำ มีเหล็กอยู่ในพิสัย 10.05-103.89 ppm โดยดินบน 0-5 เซนติเมตร มีปริมาณสูงที่สุด ส่วน R2 ซึ่งอยู่สูงมีเหล็กอยู่ในพิสัย 21.87-51.08 ppm โดยดินบน 0-5 เซนติเมตร มีปริมาณต่ำที่สุด

ความผันแปรเชิงพื้นที่ของเหล็กในพื้นที่ศึกษาเป็นดังนี้ (ภาพผนวกที่ 17)

ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร เหล็กมีปริมาณอยู่ในพิสัย 31.61 -299.09 ppm จุดที่มีเหล็กต่ำกว่า 50 ppm มีน้อยมากคือ A1, A25 และ A64 ส่วนจุดที่มีเหล็กมากกว่า 250 ppm อยู่ที่มุมด้านตะวันออกเฉียงเหนือของแปลง (A53, A69 และ A70) ในขณะที่พื้นที่ส่วนใหญ่ของแปลงมีเหล็กอยู่ในพิสัย 100-250 ppm โดยแจกกระจายค่อนข้างสลับซับซ้อน เช่นจุดที่พบเหล็ก 150-200 ppm อยู่สลับกับจุดที่มีเหล็ก 100-150 ppm และจุดที่มีเหล็ก 200-250 ppm เป็นต้น (ภาพผนวกที่ 17 ก)

ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร เหล็กมีปริมาณอยู่ในพิสัย 12.85-275.14 ppm บริเวณที่มีเหล็กสูงของแปลง (มากกว่า 200 ppm เป็นส่วนใหญ่) พบตั้งแต่ตอนกลางแปลงขึ้นไปด้านบนในแนวตะวันตกเฉียงใต้ถึงตะวันออกเฉียงเหนือ อย่างไรก็ตาม ในส่วนนี้ของแปลงก็มีปริมาณที่เหล็กต่ำกว่า 50 ppm, 100-150 ppm, 150-200 ppm อยู่บ้าง ในขณะที่อีกด้านหนึ่งของแปลงลงมาถึงตอนใต้สุด ปริมาณเหล็กส่วนใหญ่น้อยกว่า 200 ppm โดยมีความผันแปรตั้งแต่ น้อยกว่า 50 ppm, 50-100 ppm, 100-150 ppm และ 150-200 ppm กระจายอยู่ทั่วพื้นที่เช่นเดียวกัน (ภาพผนวกที่ 17 ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร เหล็กมีปริมาณอยู่ในพิสัย 4.44-168.53 ppm โดยบริเวณที่มีปริมาณเหล็กสูงกว่าบริเวณอื่นอย่างชัดเจน คือ ด้านตะวันออกเฉียงเหนือของแปลงและแม้ว่าบริเวณอื่นจะมีเหล็กต่ำกว่านี้ แต่ก็มีความผันแปรอย่างชัดเจน เช่นจุด A48 และ A32 ซึ่งมีเหล็กมากกว่า 100 ppm ก็อยู่ท่ามกลางบริเวณที่มีเหล็กต่ำกว่า 50 ppm เป็นต้น (ภาพผนวกที่ 17 ค)

ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร เหล็กส่วนใหญ่มีปริมาณต่ำกว่า 50 ppm (3.32-57.86 ppm) มีเพียงจุด A42 เท่านั้นที่ปริมาณเหล็กสูงที่สุด ในพื้นที่ศึกษา (456.98 ppm) แม้ว่าปริมาณเหล็กสูงที่สุดจะพบอยู่บริเวณตอนเหนือของแปลง แต่เมื่อพิจารณาบริเวณอื่นของแปลง พบว่าตั้งแต่มุมแปลงด้านตะวันตกเฉียงใต้ขึ้นไปในแนวตะวันออกเฉียงเหนือของแปลงจนถึงตอนกลางด้านตะวันออกของแปลง ปริมาณเหล็กที่พบมีมากกว่าบริเวณอื่นของแปลง ส่วนมุมด้านตะวันตกเฉียงเหนือของแปลง เป็นบริเวณที่มีเหล็กต่ำที่สุด (ภาพผนวกที่ 17 ง)

แมงกานีส (Manganese: Mn)

แมงกานีสเป็นจุลธาตุที่มีปริมาณสูงเป็นอันดับสองรองจากเหล็ก โดยมีปริมาณอยู่ในพิสัย 4.45-245.41 ppm และแจกกระจายในรูปแบบที่ลดลงตามความลึก โดยที่ความลึก 0-5 และ 5-10 เซนติเมตร มีแมงกานีสสูงกว่าที่พบในความลึกที่มากกว่านี้อย่างเห็นได้ชัด (ภาพผนวกที่ 18)

จุดอ้างอิง R1 ซึ่งอยู่ต่ำ มีแมงกานีสต่ำกว่าที่พบในจุดอ้างอิง R2 ที่อยู่สูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด (43.66-55.07 และ 92.22-119.40 ppm ตามลำดับ)

ความผันแปรเชิงพื้นที่ของแมงกานีสในพื้นที่ศึกษาเป็นดังนี้ (ภาพผนวกที่ 19)

ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร แมงกานีสมีปริมาณอยู่ในพิสัย 17.33-169.65 ppm แม้ว่าบริเวณที่มีแมงกานีสสูง (มากกว่า 120 ppm) จะอยู่ด้านเหนือของแปลง แต่จะเห็นว่าในบริเวณเดียวกันนี้ก็พบจุดที่มีแมงกานีสต่ำกว่าอยู่ด้วยเช่นกัน

บริเวณที่มีแมงกานีสต่ำกว่า 40 ppm ส่วนใหญ่เป็นแนวตะวันตกเฉียงใต้ถึงตะวันออกเฉียงเหนือโดยเริ่มจากมุมล่างด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ของแปลง ขึ้นไปสิ้นสุดที่ตอนกลางของแปลง และถัดจากแนวนี้ออกไปทั้งสองด้านจะเป็นบริเวณที่มีแมงกานีส 40-60 ppm และส่วนบริเวณที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แมงกานีส 60-80 ppm ส่วนมากจะอยู่ของแปลงด้านตะวันออกและมุมแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือ (ภาพผนวกที่ 19 ก)

ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร แมงกานีสมีปริมาณอยู่ในพิสัย 17.94-109.51 ppm โดยปริมาณแมงกานีสน้อยกว่า 40 ppm พบมากที่สุดในแปลงโดยพบตั้งแต่ตอนกลางของแปลงลงมาถึงตอนใต้สุด อย่างไรก็ตาม ในบริเวณนี้ของแปลง ก็มีจุดที่แมงกานีสอยู่ในพิสัย 40-60 ppm และ 60-80 ppm อยู่บ้างในด้านตะวันออกและตอนกลางของแปลงส่วนนี้ ส่วนตอนเหนือของแปลงเป็นบริเวณที่มีแมงกานีสสูงกว่าที่พบในบริเวณอื่นเป็นส่วนใหญ่ (ภาพผนวกที่ 19 ข)

ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร แมงกานีสมีปริมาณอยู่ในพิสัย 13.57-71.81 ppm โดยปริมาณที่พบมากที่สุดคือต่ำกว่า 40 ppm ซึ่งพบกระจายทั่วทั้งแปลง ยกเว้นในแนวตะวันออกเฉียงเหนือถึงตะวันตกเฉียงใต้ที่มีแมงกานีสสูงกว่านี้ (40-60 ppm) เป็นส่วนใหญ่ (ภาพผนวกที่ 19 ค)

ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร แมงกานีสมีปริมาณต่ำกว่าที่พบในช่วงความลึกอื่นเป็นส่วนใหญ่ (น้อยกว่า 60 ppm ยกเว้น A27 ที่มีค่าเป็น 245.41 ppm) และจะเห็นว่าแต่ละจุดที่อยู่ติดกันมีแมงกานีสผันแปรอย่างมาก (ภาพผนวกที่ 19 ง)

ทองแดง (Copper: Cu)

ทองแดงเป็นจุลธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่มีปริมาณน้อยที่สุดที่พบในพื้นที่ศึกษา โดยมีปริมาณอยู่ในพิสัย 0.56-5.62 ppm และที่ความลึก 0-5 กับ 5-10 เซนติเมตร มีปริมาณสูงกว่าที่พบในความลึก 10-20 เซนติเมตร และ 20-30 เซนติเมตร อย่างเห็นได้ชัด (ภาพผนวกที่ 20)

จุดอ้างอิง R1 ที่อยู่ต่ำมีทองแดง 1.35-1.83 ppm โดยลดลงตามความลึก ส่วนจุดอ้างอิง R2 ที่อยู่สูงกว่ามีทองแดงเพิ่มขึ้นตามความลึก (0.66-1.48 ppm)

ความผันแปรเชิงพื้นที่ของทองแดงในพื้นที่ศึกษาเป็นดังนี้ (ภาพผนวกที่ 21)

ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร ปริมาณทองแดงอยู่ในพิสัย 1.38-3.47 ppm โดยบริเวณที่ทองแดงมากกว่า 3 ppm พบตั้งแต่ตอนกลางของแปลงไปจนถึงของแปลงด้านทิศเหนือ ในขณะที่ตั้งแต่ตอนกลางของแปลงลงไปถึงขอบแปลงด้านทิศใต้มีทองแดงต่ำกว่าที่พบในทางตอนเหนือของแปลง และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แจกกระจายไม่สม่ำเสมอ โดยตรงกลางของส่วนนี้มีทองแดงสูงกว่าด้านที่อยู่ขอบเป็นส่วนใหญ่ (ภาพผนวกที่ 21 ก)

ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร ทองแดงมีปริมาณอยู่ในพิสัย 1.28-3.35 ppm และเช่นเดียวกับที่พบในความลึก 0-5 เซนติเมตร คือตอนเหนือของแปลงมีทองแดงสูงกว่าบริเวณอื่นเป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่ด้านตะวันตกเฉียงใต้ของแปลง มีทองแดงต่ำกว่าบริเวณอื่นอย่างชัดเจน (ภาพผนวกที่ 21 ข)

ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร ทองแดงมีปริมาณอยู่ในพิสัย 0.95-5.62 ppm ปริมาณทองแดงที่สูงกว่า 2.5 ppm พบที่ด้านตะวันออกเฉียงเหนือของแปลงเป็นส่วนใหญ่ ส่วนด้านตะวันตกเฉียงใต้และด้านตะวันออกของแปลงตั้งแต่ตอนกลางแปลงลงไปมีทองแดงต่ำกว่าบริเวณอื่น (น้อยกว่า 1.5 ppm) (ภาพผนวกที่ 21 ค)

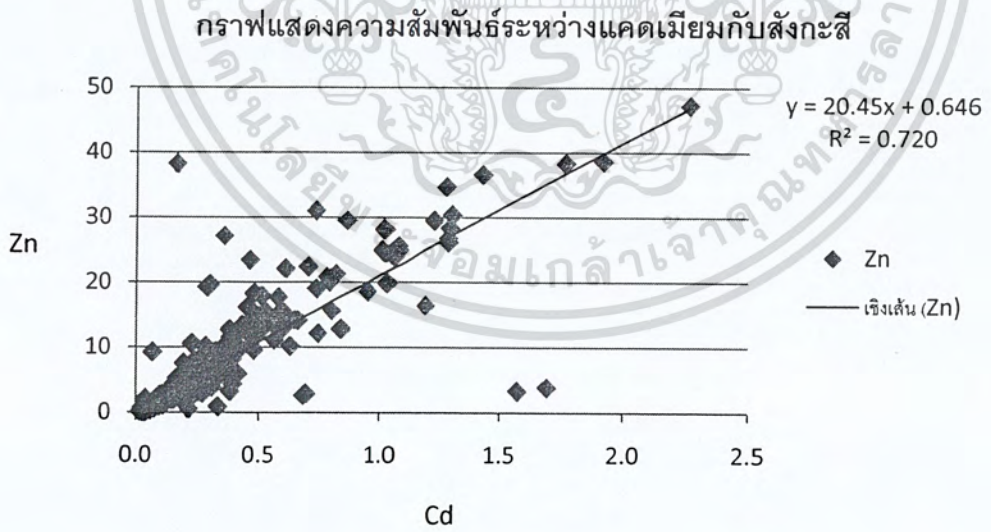
ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร ทองแดงมีปริมาณอยู่ในพิสัย 0.50-5.20 ppm โดยส่วนใหญ่ของแปลงมีทองแดงอยู่ในพิสัยไม่เกิน 1.5 ppm บริเวณที่มีทองแดงสูงกว่านี้พบที่ด้านตะวันออกเฉียงเหนือของแปลงเป็นส่วนใหญ่ (ภาพผนวกที่ 21 ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความปฏิสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคดเมียมในดินกับสมบัติทางเคมีบางประการของดิน

เนื่องจากมีปัจจัยในดินหลายประการที่มีผลต่อปริมาณแคดเมียมในสารละลายดิน เช่น pH และจุลธาตุประจุบวกโดยเฉพาะ สังกะสี เหล็ก แมงกานีส และ ทองแดง ดังนั้นจึงได้นำเอาแคดเมียมและสมบัติทางเคมีมาหาค่าความสัมพันธ์ (ภาพที่ 7 และ ภาพที่ 8) โดยจะเห็นว่าแคดเมียมมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างชัดเจนกับสังกะสี (R^2=0.7202) นั่นคือ เมื่อสังกะสีในสารละลายดินเพิ่มปริมาณแคดเมียมก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ในขณะที่ความปฏิสัมพันธ์ของแคดเมียมกับจุลธาตุประจุบวกอื่นๆไม่ชัดเจนนัก แม้จะมีแนวโน้มว่า เมื่อจุลธาตุเหล่านั้นเพิ่มขึ้นแคดเมียมจะเพิ่มขึ้นด้วยก็ตามโดยค่า R^2 เป็นดังนี้ 0.3901 (Cu-Cd), 0.3199 (Fe-Cd), 0.2009 (Mn-Cd)

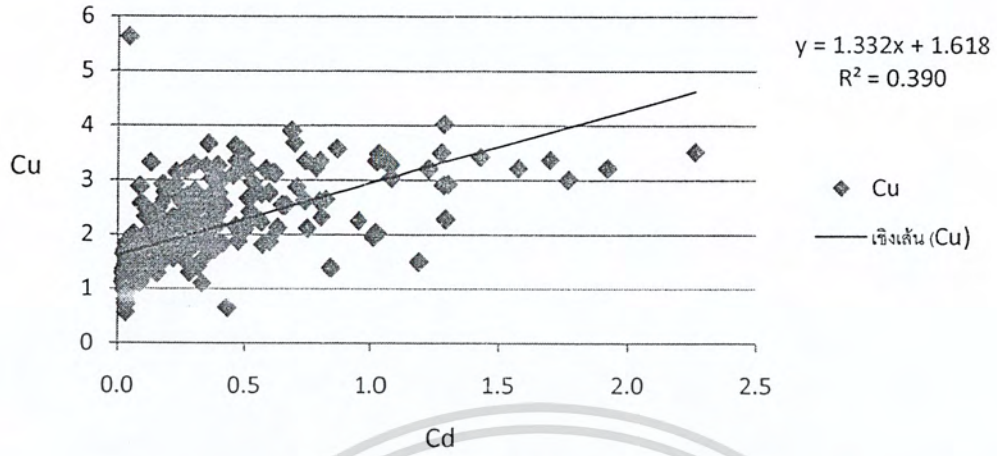
ความปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pH_w กับจุลธาตุประจุบวกรวมทั้งแคดเมียมพบว่า เมื่อ pH_w ลดลง จุลธาตุประจุบวกมีแนวโน้มที่ค่อนข้างเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 8) โดยเห็นชัดเจนที่สุดที่ความสัมพันธ์ของ pH_w กับเหล็ก ในสารละลายดิน (R^2 = 0.3846) รองลงมาได้แก่ความสัมพันธ์ของ pH_w กับทองแดง สังกะสี แคดเมียม และแมงกานีสตามลำดับ



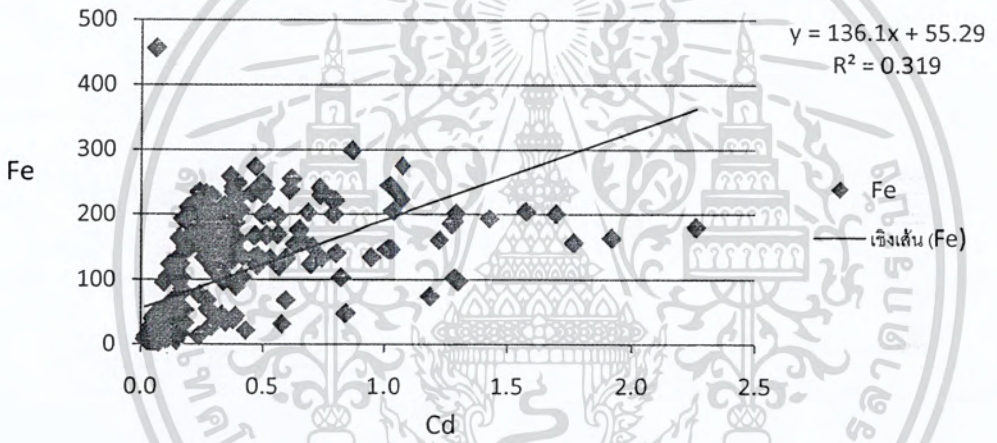
ภาพที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแคดเมียมกับจุลธาตุประจุบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

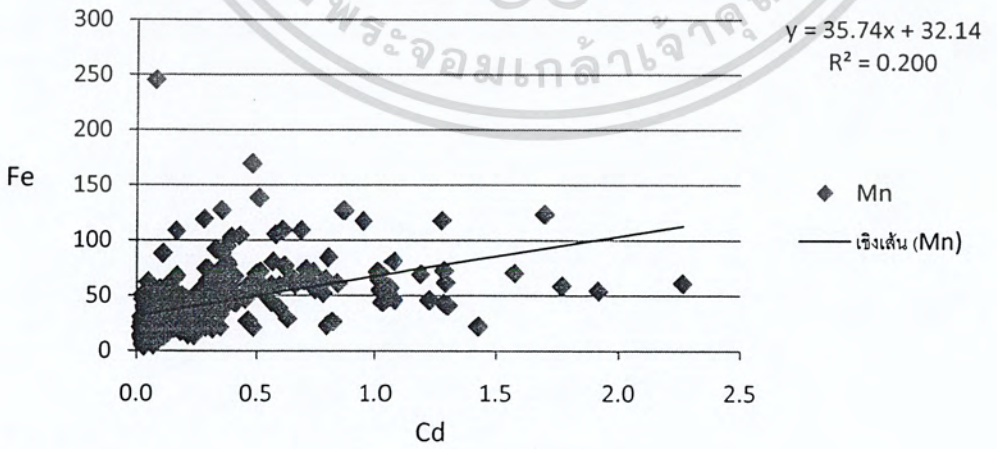
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างทองแดงกับแคดเมียม



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเหล็กกับแคดเมียม

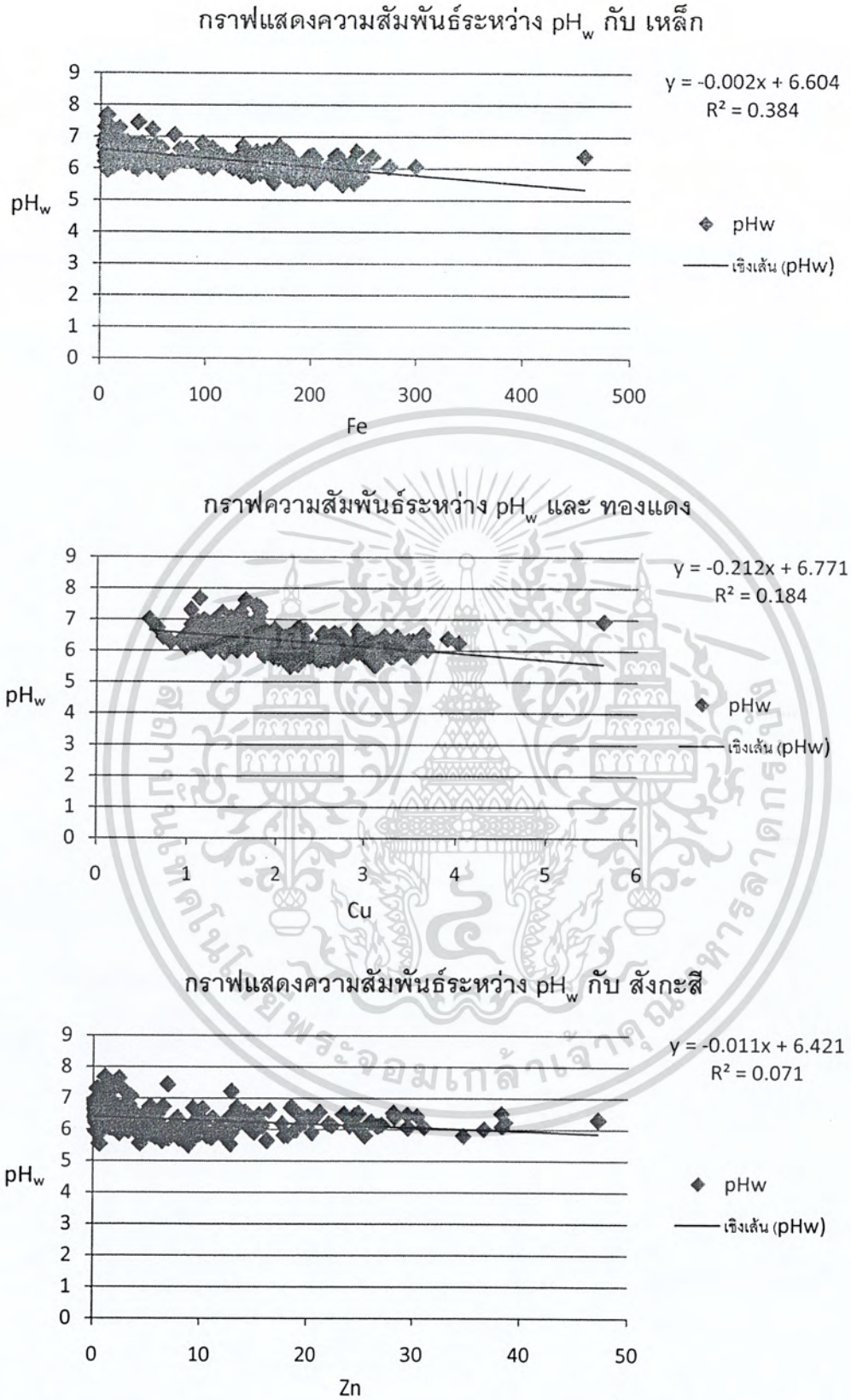


กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแมงกานีสกับแคดเมียม



ภาพที่ 7 (ต่อ)

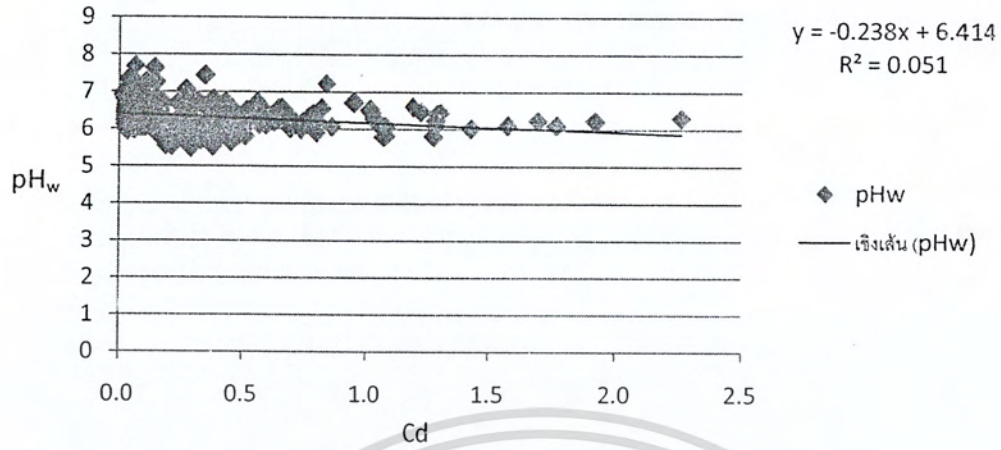
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



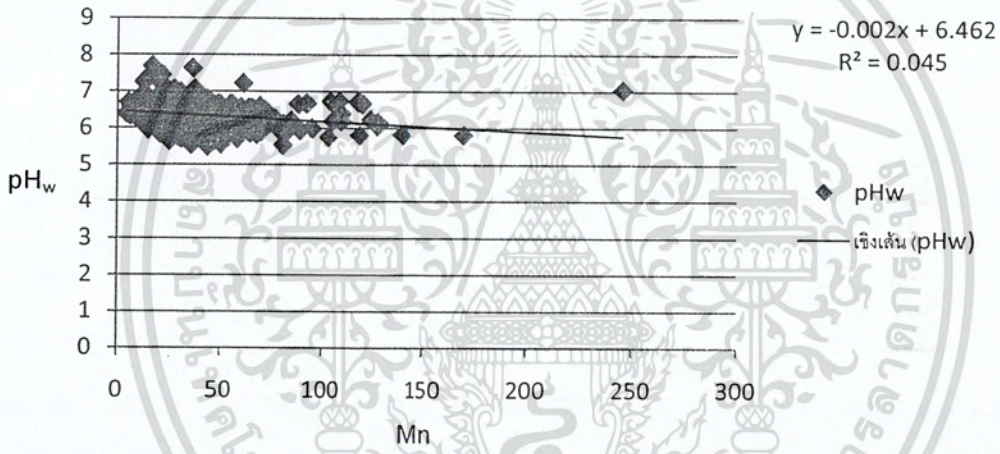
ภาพที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปฏิกิริยาดิน (pH_w) กับจุลธาตุประจุบวกและแคดเมียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pH_w กับแคดเมียม



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง pH_w กับ แมงกานีส



ภาพที่ 8 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์ผลการศึกษา

จะเห็นว่าจุลธาตุประจุบวก (เหล็ก, แมงกานีส, ทองแดง, สังกะสี) และแคดเมียมมีความผันแปรในพื้นที่ขนาดเล็กทั้งในแนวดิ่ง (ตามความลึก) และในแนวระนาบ โดยปริมาณมากในบริเวณขอบด้านตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ของแปลงอันเป็นทางน้ำเข้าที่มาจากลำรางเล็กๆที่ไหลผ่านพื้นที่นา ในขณะที่ตอนกลางของนามีปริมาณต่ำกว่า

ดินตอนบน (0-5 เซนติเมตร และ 5-10 เซนติเมตร) มีจุลธาตุมากกว่าชั้นดินที่อยู่ด้านล่าง (10-20 และ 20-30 เซนติเมตร) อย่างเห็นได้ชัด มีความเป็นไปได้ว่าตะกอนที่มากับน้ำซึ่งระบายเข้าสู่พื้นที่นาจากลำรางขนาดเล็กมีแคดเมียมและจุลธาตุประจุบวก เมื่อน้ำไหลเข้านาในขณะที่นาข้างมีน้ำขังอยู่ทำให้ตกตะกอนในบริเวณที่ใกล้กับทางน้ำเข้านาซึ่งลักษณะเช่นนี้เหมือนกับการเกิดดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ (Delta) นั่นเอง (Chernicoff and Venkata krishnan, 1995)

อย่างไรก็ตามในช่วงที่น้ำในนามีน้อยโดยเฉพาะช่วงต้นฤดูฝนที่มีการเตรียมแปลง น้ำที่ผ่านเข้านาบางส่วนจะไหลตามร่องเล็กๆไปยังด้านตะวันตกเฉียงเหนือของแปลง จึงทำให้สมบัติของดินที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการมีปริมาณสูงในบริเวณนี้ด้วย ส่วนการที่ตอนกลางของพื้นที่นาซึ่งปริมาณที่พบมีค่าวิเคราะห์ต่ำเป็นไปได้ว่าได้รับตะกอนใหม่น้อยกว่าบริเวณตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้

ดินปลูกอ้อยบนพื้นที่ต่ำ (R1) มีค่าวิเคราะห์ต่างๆสูงที่ดินบนและลดลงตามระดับความลึกเช่นเดียวกับที่พบในดินปลูกอ้อยที่สูง (R2) และดินในแปลงนา แต่ค่าวิเคราะห์ที่ได้มีปริมาณสูงที่สุด เป็นไปได้ว่าดินบริเวณนี้มีแคดเมียมและอื่นๆสูงโดยธรรมชาติอยู่แล้ว เมื่อเกิดการกร่อนตะกอนจึงพาธาตุเหล่านี้มาทับถมในที่ต่ำ

ความสัมพันธ์ระหว่างแคดเมียมและจุลธาตุประจุบวกพบว่า แคดเมียมมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับทุกธาตุโดยเฉพาะกับสังกะสี

ความสัมพันธ์ระหว่าง pH_w กับจุลธาตุประจุบวกพบว่า เมื่อ pH_w ลดลง แคดเมียมและจุลธาตุประจุบวกในสารละลายดินมีแนวโน้มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการศึกษา

ในพื้นที่ศึกษามีความผันแปรขนาดเล็ก (Small-scale soil variability) เกิดขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ทั้งความผันแปรในแนวระนาบและความผันแปรในแนวดิ่ง ดังจะเห็นได้จากสมบัติบางประการของดินที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการมีค่าสูงที่สุดในตอนเหนือของแปลงรองลงมาคือตอนใต้ของแปลง ในขณะที่มีค่าต่ำที่ตอนที่ตอนกลางของแปลงถึงในทุกระดับความลึกที่ศึกษา

การแจกกระจายตามความลึกในแต่ละจุดที่ศึกษาพบว่า แทบทั้งหมดมีแนวโน้มลดลงตามความลึก โดยปริมาณที่พบในตอนบน 0-5 เซนติเมตร และ 5-10 เซนติเมตร มีค่าสูงกว่าที่พบในความลึก 10-20 เซนติเมตร และ 20-30 เซนติเมตร อย่างชัดเจน มีเพียง pH เท่านั้นที่เพิ่มขึ้นตามความลึกเป็นส่วนใหญ่

แคดเมียมในสารละลายดินทั่วทั้งแปลงแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยปริมาณสูงที่สุดพบที่ด้านตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง อันเป็นบริเวณที่ระบายน้ำเข้าสู่พื้นที่ ส่วนตอนกลางของแปลงและด้านตะวันตกของแปลง การมีแคดเมียมในสารละลายดินแม้ปริมาณไม่สูงนักบอกให้ทราบว่าพืชที่ปลูกสามารถดูดแคดเมียมขึ้นไปสะสม ถ้ามนุษย์หรือสัตว์บริโภคพืชดังกล่าวติดต่อกันเป็นเวลานานก็อาจส่งผลเสียต่อสุขภาพได้

จุดอ้างอิง R2 ที่อยู่สูงกว่าพื้นที่ศึกษาและสูงกว่า R1 มีแคดเมียมในสารละลายดินตลอดช่วงตามความลึกสูงกว่าที่พบใน R1 บอกให้ทราบว่า พื้นที่สูงรอบหมู่บ้านพะเด๊ะ มีแคดเมียมอยู่ในดินโดยธรรมชาติอยู่แล้ว เมื่อใดก็ตามที่ดินไม่มีสิ่งปกคลุมและมีการกร่อนโดยน้ำอย่างรุนแรงในช่วงฤดูฝนอาจทำให้ตะกอนดินที่มีแคดเมียมอยู่ด้วยเคลื่อนที่ลงสู่ที่ต่ำและไปสะสมที่ผิวหน้าดินจนมีปริมาณมากขึ้นได้

การแจกกระจายของจุลธาตุประจุบวกที่เป็นประโยชน์กับพืช (เหล็ก, แมงกานีส, ทองแดง, สังกะสี) ก็มีความผันแปรอย่างมากทั่วพื้นที่เช่นเดียวกัน และปริมาณที่พบมีมากกว่าที่เคยพบในดินนาบริเวณอื่นของประเทศไทย โดยเหล็กมีมากที่สุด รองลงมาได้แก่ แมงกานีส สังกะสี และทองแดงตามลำดับ การที่มีจุลธาตุเหล่านี้มากอาจเกิดจากเป็นแหล่งแร่สังกะสี ซึ่งอาจมีจุลธาตุเหล่านี้อยู่ในรูปสิ่งเจือปนก็ได้เช่นเดียวกับการมีแคดเมียมในดิน รูปแบบการแจกกระจายทั่วพื้นที่พบทุกธาตุมีปริมาณมากที่ขอบดินด้านตะวันออกเฉียงเหนือของแปลง มีปริมาณต่ำตั้งแต่ตอนกลางจนถึงด้านตะวันตกของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปลง มีเฉพาะเหล็กเท่านั้นที่ผันแปรอย่างมากทั่วทั้งแปลง คือจุดที่อยู่ติดกันอาจมีเหล็กต่างกันอย่างชัดเจน

แคดเมียมมีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนกับสังกะสี คือ เมื่อสังกะสีมากขึ้นในสารละลายดิน แคดเมียมก็มากตามไปด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าแคดเมียมค่อนข้างมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับทองแดง เหล็ก และแมงกานีส

เมื่อ pH_w ของดินลดลง จุลธาตุประจุบวกทุกธาตุรวมทั้งแคดเมียมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี 2527. แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตราส่วน 1:250,000 ระวาง NE47-14 (เมาะลำเลิง) : กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ 1 แผ่น.

กรมแผนที่ทหาร. (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์). แผนที่ประเทศไทย มาตราส่วน 1:50,000 ชุดที่ L7018 ระวาง 4742 III (อำเภอแม่สอด). กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด กระทรวงกลาโหม. กรุงเทพฯ. 1 แผ่น.

กรมแผนที่ทหาร. (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์). แผนที่ประเทศไทย มาตราส่วน 1:250,000 ลำดับชุด 1501S ระวาง NE 47-14 (เมาะลำเลิง). กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด กระทรวงกลาโหม. กรุงเทพฯ. 1 แผ่น.

กรมโยธาธิการและผังเมือง. 2547. โครงการวางและจัดทำแผนผังพื้นที่เฉพาะชุมชนชายแดน อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ร่างรายงานการศึกษาฉบับสุดท้าย. กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย กรุงเทพมหานคร. (เอกสารไม่ตีพิมพ์)

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2525. สถิติภูมิอากาศของประเทศไทยในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2494-2523). กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงคมนาคม. กรุงเทพฯ. 51 หน้า.

ฐิตินันท์ ศรีสถิต และ อวยพร แต้ชูตระกูล. 2547. เหตุเกิดที่ห้วยแม่ตาว "ในน้ำมีปลาในนามีแคดเมียม". โลกสีเขียว พฤศจิกายน-ธันวาคม: 18-32.

สุมิตรา ภู่วโรดม. 2549. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. (ไม่เรียงหน้า).

Blackemore, L.C., P.L. Searie and B.K. Daly. 1987. Method for Chemical Analysis of Soils. NZ Soil Bureau Scientific Report 80. NZ Soil Bureau, Department of Scientific and Industrial Research, Lower Hutt, New Zealand. 103 p.

Brady, N.C. and R. R. Weil. 2002. The Nature and Properties of Soils. 13th Edition. Prentice Hall, New Jersey, USA. 960 p.

Chernicoff, S. and R. Venkata krishnan.1996.Geology : An Introduction to Physical Geology. Worth Publishers, Inc. New York, USA. 593p.

Grambrell, R.P. 1996. Iron. pp 669-682. *In* D.L. Sparles, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Loeppert, R.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai and C.T. Johnston (eds.). Methods of Soil Analysis, Part 3. Chemical Methods. No.5 in Soil Science Society of American Book Series. Soil Sci. Soc Am., Inc., Am. Soc. Agron, Inc., Madison, Wisconsin. USA.

Havlin, J. L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale and W.L. Nelson. 1999. Soil Fertility and Fertilizer: An Introduction to Nutrient Management. 6th Edition. Pretice-Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey, USA. 499p.

Ma, L. Q., and Rao, G. N. 1997. Chemical fractionation of cadmium, copper, nickel and zinc in contaminated soils. Journal of Environmental Quality 26: 259-264.

Ragan, H. A., and Mast, T. J. 1990 Cadmium Inhalation and Male Reproductive Toxiccity. Reviews of Environment Contamination and Toxicology 144: 1-22.

Rhoades, J.D. 1996. Salinity : Electrical Conductivity and Total Dissolved Soils, pp.417-435. In D.L Sparks *et al.* Methods of Soil Analysis Part 3. Chemical Methods. No.5 in The Soil Sci. Soc. Am. Book series. Soil Sci. Soc. Am., Inc. Medison, Wiscosin, USA.

Ross, S.M. (ed.). 1994. Toxic Metals in Soil-Plant Systems. John Wiley&Sons., Ltd, England, UK. 469 p.

van der Perk, M. 2006. Soil and water Contamination: from molecular to catchment scale. Taylor and Francis, Group plc., London, U.K. 389 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 แสดงสมบัติทางเคมีบางประการที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของพื้นที่ศึกษา

Transect	Code	Depth	pH_f	pH_w (1:5)	pH_k (1:5)	E.C. (1:5) (µS/cm)	Avail P.	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
							(----------ppm----------)					
1	A1	0-5	8	6.48	5.55	201.0	22.58	0.389	5.81	43.82	59.23	2.17
		5-10	7	6.70	6.48	97.6	15.26	0.183	2.18	33.58	35.37	1.97
		10-20	7	6.91	6.14	54.2	7.63	0.056	0.37	10.07	24.51	1.79
		20-30	7	7.00	5.98	55.4	5.59	0.023	0.26	10.11	25.93	1.63
	A2	0-5	7	6.64	5.06	115.4	13.11	0.275	3.43	56.08	33.49	1.68
		5-10	7	6.80	5.81	56.4	6.05	0.157	2.07	96.62	21.75	1.74
		10-20	7	6.94	5.06	45.4	2.53	0.042	0.34	17.32	26.52	5.62
		20-30	7	6.97	5.56	58.7	5.62	0.021	0.20	13.27	31.30	1.29
	A3	0-5	6.5	6.55	4.61	142.6	6.57	0.285	6.06	135.66	45.74	2.52
		5-10	6.5	6.73	5.54	87.6	3.05	0.082	0.90	31.35	39.21	1.62
		10-20	7	6.93	5.71	83.1	4.06	0.018	0.18	8.40	22.13	1.12
		20-30	7	6.87	5.70	99.3	2.02	0.021	0.30	8.70	14.21	1.12
	A4	0-5	7	6.43	5.17	115.5	11.12	0.145	2.96	114.83	45.76	2.01
		5-10	7	6.84	5.64	59.3	7.09	0.050	0.93	24.54	27.10	1.69
		10-20	7	6.93	5.82	63.3	7.09	0.035	0.13	7.94	13.58	1.23
		20-30	7	6.97	5.85	72.0	2.55	0.021	0.23	9.29	13.15	1.36

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Transect	Code	Depth	pH_f	pH_w (1:5)	pH_k (1:5)	E.C. (1:5) (µS/cm)	Avail P.	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
							(ppm)					
	A5	0-5	6.5	6.66	5.38	108.8	5.81	0.107	2.75	105.37	88.36	2.32
		5-10	6.5	6.91	5.91	77.9	5.07	0.041	0.65	12.85	25.46	1.61
		10-20	7	6.98	5.97	80.7	5.59	0.030	0.49	8.54	31.01	1.42
		20-30	7	7.02	5.91	87.6	7.14	0.030	0.52	10.22	27.57	0.57
	A6	0-5	6	5.80	4.31	164.8	4.08	0.228	10.64	219.99	46.81	3.14
		5-10	6	5.84	4.64	140.3	10.15	0.195	7.63	211.22	41.54	2.80
		10-20	7	6.39	5.95	109.8	6.58	0.039	0.60	10.01	30.16	1.75
		20-30	7	6.53	6.05	109.7	4.10	0.025	0.40	7.67	16.12	1.24
	A7	0-5	6.5	6.16	5.18	169.0	8.15	0.356	27.13	181.17	127.42	3.67
		5-10	6.5	6.22	5.14	148.8	4.05	0.299	19.65	114.77	73.71	3.30
		10-20	8	6.45	6.13	139.7	3.03	0.055	1.63	9.01	22.71	1.77
		20-30	8	6.43	6.23	173.9	2.30	0.033	0.79	5.99	17.11	1.52
	A8	0-5	8	6.39	5.94	140.9	12.71	0.684	2.68	203.02	109.36	3.90
		5-10	8	6.51	5.58	96.9	5.08	0.462	23.44	134.02	52.38	3.63
		10-20	8	6.71	5.51	119.1	3.06	0.098	2.65	10.66	15.98	1.80
		20-30	8	6.68	6.49	123.3	7.64	0.049	0.86	4.18	14.73	1.50

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Transect	Code	Depth	pH_f	pH_w (1:5)	pH_k (1:5)	E.C. (1:5) (µS/cm)	Avail P.	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
							(ppm)					
	A9	0-5	7	6.03	5.63	103.9	10.70	0.694	2.97	124.02	63.39	3.68
		5-10	8	6.41	5.53	93.7	9.68	1.296	28.34	201.86	61.89	2.28
		10-20	8	6.70	5.25	79.5	8.12	0.239	2.72	13.44	14.24	1.70
		20-30	8	6.87	6.55	100.4	8.56	0.074	0.71	4.43	14.12	1.39
2	A10	0-5	7	6.34	5.72	167.9	12.18	0.394	4.37	89.76	48.77	2.73
		5-10	7	6.45	5.76	81.3	12.05	0.270	2.98	155.82	51.02	2.10
		10-20	7	6.65	5.26	54.8	4.29	0.114	1.30	56.97	49.72	1.80
		20-30	7	6.79	5.54	56.2	2.29	0.034	0.15	13.83	38.02	1.23
	A11	0-5	6.5	6.13	4.79	218.0	16.22	0.262	3.58	198.78	24.50	1.81
		5-10	6.5	6.03	4.45	203.0	13.11	0.215	3.12	184.51	14.67	1.57
		10-20	7	6.21	5.35	139.0	3.02	0.069	0.78	44.84	52.88	1.09
		20-30	7	6.23	5.58	205.0	2.53	0.024	0.25	10.65	19.69	1.06
	A12	0-5	8	7.07	6.97	777.0	34.90	0.274	3.41	68.88	38.03	1.48
		5-10	6.5	6.18	5.12	224.0	7.96	0.257	3.22	160.06	32.70	1.79
		10-20	6.5	6.36	5.59	152.0	3.53	0.095	0.99	55.01	56.21	1.36
		20-30	7	6.29	5.92	188.0	2.54	0.036	0.24	6.99	21.01	0.92

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Transect	Code	Depth	pH_f	pH_w (1:5)	pH_k (1:5)	E.C. (1:5) (µS/cm)	Avail P.	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
							(ppm)					
	A13	0-5	6.5	6.14	5.36	216.0	14.43	0.289	9.16	166.29	74.68	1.92
		5-10	6.5	6.02	4.59	135.0	6.55	0.270	8.67	227.32	45.82	2.30
		10-20	6.5	6.35	5.46	74.2	4.04	0.071	1.25	50.71	46.44	1.59
		20-30	7	6.46	5.74	88.6	3.04	0.037	0.30	10.25	16.87	1.26
	A14	0-5	7	6.08	5.66	188.6	9.62	0.339	7.38	98.12	72.18	2.09
		5-10	7	6.00	4.86	175.4	4.30	0.382	11.58	153.07	78.28	2.74
		10-20	7	6.33	5.74	175.7	1.52	0.056	0.36	44.09	54.23	1.99
		20-30	7	6.59	5.89	70.5	1.52	0.040	2.20	9.32	19.09	1.34
	A15	0-5	7	6.00	5.33	219.0	15.25	0.380	9.17	235.44	94.86	2.77
		5-10	6.5	6.04	4.93	170.0	3.03	0.181	4.73	149.75	17.95	2.65
		10-20	7	6.25	6.04	142.0	1.52	0.048	0.60	11.75	35.43	1.68
		20-30	7	6.45	5.89	131.0	3.04	0.077	0.65	15.77	27.49	1.32
3	A19	0-5	6.5	6.28	5.22	142.0	9.10	0.366	6.00	126.93	38.80	1.97
		5-10	6.5	6.11	4.83	161.0	7.11	0.313	4.75	167.81	27.34	1.86
		10-20	7	6.55	5.56	101.1	2.54	0.054	0.52	27.49	28.74	1.22
		20-30	7	6.84	5.49	83.4	3.03	0.029	0.13	11.96	21.34	1.04

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Transect	Code	Depth	pH_f	pH_w (1:5)	pH_k (1:5)	E.C. (1:5) (µS/cm)	Avail P.	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
							(ppm)					
	A20	0-5	6.5	6.14	4.96	136.2	9.64	0.308	3.89	152.98	37.06	1.89
		5-10	6.5	6.14	4.53	95.8	4.01	0.151	2.23	134.38	25.06	1.28
		10-20	7	6.46	5.39	63.5	2.02	0.024	0.20	7.57	11.06	0.95
		20-30	7	6.59	5.34	67.6	2.12	0.028	0.22	8.59	6.49	1.04
	A21	0-5	6.5	5.88	4.65	240.0	8.14	0.282	6.86	206.22	49.04	2.11
		5-10	7	6.33	5.83	120.0	5.05	0.109	1.54	47.07	20.29	1.44
		10-20	8	6.73	6.22	110.0	3.10	0.029	0.53	7.36	8.82	1.43
		20-30	8	6.82	6.24	103.0	3.54	0.023	0.53	7.53	13.20	1.19
	A22	0-5	6.5	6.09	4.69	166.0	7.05	0.240	5.44	217.26	17.33	2.01
		5-10	6.5	6.20	4.75	103.0	4.02	0.117	2.56	124.67	35.59	1.66
		10-20	7	6.21	5.73	132.0	3.56	0.031	0.28	4.45	17.01	1.00
		20-30	7	6.29	5.62	146.0	3.55	0.029	0.28	8.71	9.22	0.81
	A23	0-5	6	5.50	4.25	213.0	5.06	0.291	8.85	229.26	44.08	2.16
		5-10	6	5.55	4.24	149.0	29.72	0.216	0.60	203.53	36.36	2.24
		10-20	7	6.06	5.86	105.0	1.02	0.033	0.55	11.78	40.72	1.84
		20-30	7	6.00	5.85	113.0	4.06	0.031	0.63	8.87	14.70	1.27

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Transect	Code	Depth	pH_f	pH_w (1:5)	pH_k (1:5)	E.C. (1:5) (µS/cm)	Avail P.	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
							(ppm)					
	A24	0-5	6	5.70	4.50	185.0	4.58	0.331	8.96	188.35	48.91	2.59
		5-10	6.5	5.78	4.50	130.0	3.04	0.217	5.69	176.89	29.22	2.32
		10-20	7	6.21	5.81	103.0	3.04	0.066	1.06	18.46	34.54	1.60
		20-30	8	6.36	6.06	107.0	4.32	0.039	0.57	5.28	14.62	1.29
	A25	0-5	7	6.20	5.34	124.0	8.15	0.580	17.72	31.62	105.44	3.20
		5-10	6.5	5.93	4.28	110.0	3.32	0.486	15.05	244.17	21.76	3.55
		10-20	7	6.26	5.52	61.8	3.55	0.240	3.80	77.48	37.95	2.73
		20-30	8	6.58	6.25	84.8	1.80	0.048	0.62	9.14	26.84	1.43
	A26	0-5	8	6.25	5.38	105.0	5.33	1.290	26.17	102.86	72.50	4.02
		5-10	6.5	6.31	5.42	91.6	3.55	1.031	19.90	204.96	44.23	3.48
		10-20	7	6.48	6.05	96.5	4.32	0.289	19.31	28.13	21.35	2.14
		20-30	8	6.45	6.46	115.9	7.13	0.058	0.87	4.75	22.35	1.35
	A27	0-5	6.5	6.24	5.25	160.2	9.40	1.695	3.88	201.34	123.63	3.37
		5-10	6.5	6.11	5.06	135.9	3.54	1.574	3.34	204.65	70.47	3.22
		10-20	8	7.64	6.93	104.3	3.04	0.145	2.34	5.31	36.85	1.65
		20-30	8	7.05	6.88	102.2	3.06	0.077	0.89	5.77	245.41	1.47

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Transect	Code	Depth	pH_f	pH_w (1:5)	pH_k (1:5)	E.C. (1:5) (µS/cm)	Avail P.	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
							(ppm)					
4	A28	0-5	7	6.19	5.42	206.0	8.13	0.744	12.17	133.18	55.75	2.12
		5-10	7	6.20	5.05	106.0	5.09	0.630	10.21	155.53	29.30	2.12
		10-20	7	6.78	5.26	35.1	4.04	0.033	0.44	14.89	29.56	1.15
		20-30	7	6.79	5.26	37.1	3.53	0.029	0.31	4.69	24.29	1.07
	A29	0-5	6.5	6.02	5.49	315.0	15.13	0.336	8.09	106.72	56.27	1.55
		5-10	6.5	6.01	4.74	156.0	4.76	0.313	6.58	174.46	32.98	1.90
		10-20	7	6.34	5.44	83.7	2.00	0.087	0.87	44.51	26.79	1.11
		20-30	7	6.44	5.80	92.5	4.77	0.031	0.23	5.71	15.65	0.73
	A30	0-5	6.5	5.96	4.98	254.0	9.15	0.325	6.84	145.57	52.11	2.09
		5-10	6.5	5.80	4.51	183.0	6.09	0.290	5.58	185.08	40.31	2.11
		10-20	7	6.27	5.51	108.0	2.29	0.105	1.40	49.29	44.34	1.60
		20-30	7	6.48	5.60	87.5	4.28	0.041	0.52	9.45	20.25	1.39
	A31	0-5	6	5.84	4.40	181.0	4.53	0.223	4.83	185.04	38.96	2.21
		5-10	6	5.95	4.55	112.9	2.53	0.193	2.42	148.13	24.39	1.85
		10-20	7	6.20	5.48	82.3	6.54	0.110	1.15	61.13	36.24	1.41
		20-30	7	6.38	5.69	73.3	4.53	0.033	0.17	9.04	21.03	1.05

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Transect	Code	Depth	pH_f	pH_w (1:5)	pH_k (1:5)	E.C. (1:5) (µS/cm)	Avail P.	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
							(ppm)					
	A32	0-5	7	5.80	4.95	257.0	14.62	0.289	7.12	144.40	48.94	1.97
		5-10	6	5.71	4.39	188.0	5.05	0.321	9.40	191.18	58.28	2.50
		10-20	6.5	5.56	4.35	155.0	3.02	0.191	4.26	164.03	50.26	2.15
		20-30	7	5.95	5.82	118.0	4.07	0.034	0.23	6.33	15.19	1.41
	A33	0-5	6	5.83	4.67	271.0	8.05	0.375	10.89	187.72	58.42	2.63
		5-10	6	5.73	4.17	137.0	4.03	0.268	6.93	232.53	32.12	2.46
		10-20	8	6.07	5.70	98.2	4.34	0.095	1.45	46.12	42.32	1.85
		20-30	8	6.24	6.03	91.7	4.33	0.042	0.36	8.03	12.54	1.41
	A34	0-5	6	5.66	4.25	284.0	6.61	0.453	16.23	232.36	46.95	3.09
		5-10	6	5.54	3.86	197.0	4.02	0.378	12.80	241.80	80.83	3.11
		10-20	7	7.06	6.27	171.0	3.55	0.049	0.62	10.68	27.88	1.79
		20-30	6.5	5.88	5.62	144.0	4.30	0.151	2.40	57.87	45.16	2.19
	A35	0-5	6	5.81	4.87	189.0	7.34	1.280	34.69	186.02	118.01	3.50
		5-10	6.5	5.81	4.69	114.0	3.06	1.072	25.61	223.41	81.22	3.28
		10-20	8	6.15	6.13	112.0	4.58	0.319	7.79	37.76	32.15	1.91
		20-30	8	7.32	6.80	112.0	3.31	0.042	0.35	4.32	13.47	1.04

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Transect	Code	Depth	pH_f	pH_w (1:5)	pH_k (1:5)	E.C. (1:5) (µS/cm)	Avail P.	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
							(ppm)					
	A36	0-5	6.5	6.11	5.10	96.7	3.54	1.768	38.33	157.74	58.83	3.01
		5-10	6.5	6.11	5.10	86.9	2.26	1.288	26.79	189.63	42.98	2.91
		10-20	8	7.45	6.78	104.0	4.04	0.348	6.86	34.99	22.06	1.77
		20-30	8	6.70	6.65	70.1	4.07	0.068	9.30	3.32	5.43	1.21
5	A37	0-5	6.5	6.14	5.33	143.9	11.59	0.478	9.57	137.70	59.10	2.09
		5-10	6.5	6.13	4.76	78.5	9.61	0.522	13.19	203.02	55.16	2.41
		10-20	6.5	6.42	4.74	40.3	4.55	0.062	0.37	30.14	25.83	1.35
		20-30	6.5	6.61	5.06	30.7	5.56	0.038	0.18	14.03	33.89	1.07
	A38	0-5	6.5	5.84	4.81	223.0	7.05	0.292	6.36	157.16	46.11	1.86
		5-10	6	5.96	4.48	124.0	2.25	0.156	4.41	164.39	37.85	2.48
		10-20	7	6.30	5.35	80.4	5.03	0.036	0.24	9.77	16.38	0.99
		20-30	7	6.34	5.27	82.9	4.80	0.030	0.42	10.08	6.26	1.29
	A39	0-5	6	5.72	4.28	201.0	6.66	0.240	7.96	235.33	31.12	2.66
		5-10	6	5.85	4.51	122.0	4.02	0.171	5.23	193.42	20.97	2.28
		10-20	7	6.12	5.74	88.7	4.31	0.025	0.47	9.38	29.93	0.98
		20-30	8	6.29	5.72	94.2	6.50	0.031	0.24	9.38	12.47	0.81

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Transect	Code	Depth	pH_f	pH_w (1:5)	pH_k (1:5)	E.C. (1:5) (µS/cm)	Avail P.	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
							(ppm)					
	A40	0-5	6	5.83	4.29	152.4	2.28	0.260	6.04	205.19	30.35	2.37
		5-10	7	6.04	5.32	144.0	2.00	0.092	2.19	95.57	20.25	1.67
		10-20	7	6.33	5.86	76.2	2.51	0.026	0.74	7.77	51.29	1.70
		20-30	7	6.40	5.72	79.8	5.08	0.029	0.81	9.32	4.45	1.37
	A41	0-5	6	5.87	4.44	164.2	3.28	0.292	7.66	229.13	31.42	2.49
		5-10	6.5	5.90	5.16	148.4	4.30	0.256	5.75	169.39	46.63	2.14
		10-20	8	6.28	6.04	95.5	4.04	0.056	0.67	8.78	21.34	1.95
		20-30	7	6.24	5.93	115.4	4.07	0.030	0.73	6.74	16.32	1.33
	A42	0-5	6.5	5.87	4.53	151.1	4.53	0.345	9.81	213.78	53.34	3.26
		5-10	6.5	5.95	4.83	108.8	4.81	0.265	6.56	135.59	37.81	3.19
		10-20	8	6.31	5.73	100.5	4.33	0.090	1.96	26.27	40.20	2.56
		20-30	8	6.40	6.00	90.4	4.07	0.058	1.14	456.98	25.03	1.73
	A43	0-5	6	5.82	4.61	224.0	6.90	0.511	17.89	239.30	138.52	3.20
		5-10	6.5	5.83	4.60	178.0	3.58	0.410	12.09	207.49	68.00	3.01
		10-20	6.5	7.27	6.68	147.0	5.11	0.151	2.77	17.25	20.54	1.81
		20-30	8	6.05	6.48	113.0	4.09	0.041	0.71	5.88	21.91	1.25

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Transect	Code	Depth	pH_f	pH_w (1:5)	pH_k (1:5)	E.C. (1:5) (µS/cm)	Avail P.	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
							(ppm)					
	A44	0-5	6.5	6.02	5.02	169.0	4.54	1.429	36.60	193.71	22.23	3.43
		5-10	6.5	6.12	4.89	77.3	3.54	1.056	24.06	230.37	56.74	3.33
		10-20	6.5	6.12	5.82	118.1	5.59	0.595	15.74	68.28	39.40	2.77
		20-30	8	7.25	6.38	118.4	4.07	0.111	1.74	9.62	13.11	1.59
	A45	0-5	8	6.23	5.86	126.1	8.61	2.263	38.60	164.59	54.36	3.22
		5-10	7	6.32	5.18	73.7	4.34	1.919	47.23	180.58	61.17	3.52
		10-20	8	6.52	6.18	68.8	3.07	0.164	38.25	16.73	22.80	1.62
		20-30	8	6.68	6.54	76.4	4.08	0.147	1.96	8.79	22.32	1.69
6	A46	0-5	6.5	6.72	5.63	193.3	15.26	0.949	18.57	134.57	117.63	2.25
		5-10	6.5	6.21	5.35	125.8	5.90	0.803	15.70	140.77	84.72	2.32
		10-20	7	6.21	5.94	75.4	6.05	0.100	1.33	16.33	46.05	1.58
		20-30	7	6.53	5.75	64.8	5.33	0.034	0.41	8.43	28.13	1.40
	A47	0-5	6.5	6.72	4.90	180.6	15.68	0.561	13.45	169.83	44.28	2.24
		5-10	6.5	6.08	4.38	98.8	3.56	0.352	7.22	172.85	33.39	2.21
		10-20	7	6.16	5.61	55.7	4.55	0.054	0.57	17.13	38.09	1.22
		20-30	7	6.49	5.60	53.1	5.03	0.031	0.39	11.45	20.13	1.05

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Transect	Code	Depth	pH_f	pH_w (1:5)	pH_k (1:5)	E.C. (1:5) (µS/cm)	Avail P.	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
							(ppm)					
	A48	0-5	6.5	5.93	4.82	190.2	7.63	0.312	6.12	132.43	40.11	2.19
		5-10	6.5	5.86	4.39	109.8	4.01	0.247	4.19	150.27	25.61	2.18
		10-20	6.5	6.02	4.73	73.8	7.87	0.166	2.29	124.63	52.75	2.05
		20-30	7	6.28	5.35	53.6	4.54	0.048	0.42	15.14	30.99	1.27
	A49	0-5	6.5	5.76	5.16	256.0	26.09	0.298	6.54	142.47	35.81	2.03
		5-10	6.5	5.64	4.40	188.0	4.05	0.276	6.39	184.17	25.52	2.22
		10-20	7	5.98	5.53	146.0	4.33	0.064	0.89	34.20	47.18	2.01
		20-30	7	6.15	5.58	140.0	5.59	0.063	0.95	23.69	35.31	1.90
	A50	0-5	6	5.75	4.73	280.0	13.19	0.396	11.02	249.53	103.17	2.55
		5-10	6.5	5.96	5.01	127.0	2.03	0.207	3.24	151.70	47.22	2.20
		10-20	7	6.29	5.88	88.9	5.84	0.030	0.58	7.05	18.48	1.22
		20-30	7	6.30	5.86	94.5	4.56	0.030	0.27	7.24	18.29	1.11
	A51	0-5	6	5.95	4.70	142.5	5.30	0.375	10.03	208.54	54.31	2.78
		5-10	8	5.87	5.21	238.0	15.81	0.399	9.93	163.43	64.51	2.77
		10-20	6.5	6.29	5.65	100.2	5.06	0.129	2.08	50.13	42.67	1.93
		20-30	7	6.50	5.87	78.7	5.08	0.031	0.41	5.50	19.42	1.13

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Transect	Code	Depth	pH_f	pH_w (1:5)	pH_k (1:5)	E.C. (1:5) (µS/cm)	Avail P.	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
							(ppm)					
	A52	0-5	6.5	5.82	4.49	241.0	5.33	0.481	18.28	238.20	169.65	3.31
		5-10	6	5.86	4.13	131.0	3.53	0.394	11.32	224.36	53.14	3.27
		10-20	6	6.04	5.36	117.0	5.36	0.108	1.78	31.00	34.61	1.98
		20-30	7	6.21	5.59	98.2	4.07	0.047	0.40	6.59	16.65	1.41
	A53	0-5	6.5	6.07	4.82	103.8	7.42	0.864	29.53	299.09	127.03	3.58
		5-10	6.5	6.20	5.02	69.1	4.29	0.610	22.16	237.82	109.57	3.14
		10-20	6.5	6.33	5.77	88.7	4.07	0.170	2.70	32.13	39.98	2.16
		20-30	8	6.50	5.95	69.9	4.31	0.062	0.75	10.13	20.82	1.95
	A54	0-5	6.5	6.08	4.78	143.6	6.04	0.734	31.02	241.14	71.52	2.62
		5-10	6.5	6.07	4.61	93.6	4.07	1.074	24.93	275.14	46.28	3.04
		10-20	6.5	6.34	5.99	70.8	4.31	0.182	2.46	52.65	21.11	2.77
		20-30	8	7.40	6.88	98.7	2.02	0.046	1.27	6.34	19.62	1.81
7	A55	0-5	7	6.12	5.65	278.0	22.64	0.568	13.41	119.98	80.92	1.81
		5-10	6.5	6.30	5.00	97.7	8.17	0.466	10.30	167.88	27.20	2.15
		10-20	7	6.64	5.33	50.2	4.04	0.037	0.23	14.40	20.41	1.09
		20-30	7	6.68	5.19	52.5	4.27	0.038	0.13	12.10	21.50	1.80

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Transect	Code	Depth	pH_f	pH_w (1:5)	pH_k (1:5)	E.C. (1:5) (µS/cm)	Avail P.	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
							(ppm)					
	A56	0-5	6.5	6.14	5.13	158.6	10.11	0.703	22.42	151.15	74.21	2.87
		5-10	7	6.25	5.41	102.9	5.37	0.476	14.44	121.97	53.58	1.88
		10-20	7	6.68	5.90	46.3	4.81	0.043	0.67	10.83	25.46	1.05
		20-30	7	6.68	5.87	48.5	6.03	0.046	0.39	10.96	17.30	1.05
	A57	0-5	6	5.93	4.98	271.0	14.73	0.382	8.22	156.65	58.26	2.17
		5-10	6	5.95	4.37	139.0	4.61	0.226	6.73	193.17	27.52	2.92
		10-20	7	6.41	5.67	75.1	4.59	0.039	0.43	12.89	21.66	1.33
		20-30	7	6.50	5.58	58.5	4.55	0.029	0.40	10.29	13.18	1.12
	A58	0-5	6	5.91	4.82	206.0	11.19	0.390	8.31	187.39	69.95	2.33
		5-10	6.5	6.13	4.80	125.0	4.54	0.290	4.87	160.51	33.98	2.03
		10-20	7	6.52	5.28	48.6	5.31	0.038	0.31	14.98	20.68	1.48
		20-30	7	6.45	5.22	53.8	4.32	0.034	0.20	11.65	17.06	1.10
	A59	0-5	6.5	5.95	5.04	171.5	6.06	0.357	9.72	161.00	89.08	2.56
		5-10	6.5	6.01	4.61	126.4	4.05	0.303	6.27	203.91	34.34	2.80
		10-20	7	6.45	5.72	70.4	4.84	0.038	0.34	6.36	15.88	1.28
		20-30	7	6.50	5.73	77.6	4.06	0.029	0.32	8.14	19.46	1.18

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Transect	Code	Depth	pH_f	pH_w (1:5)	pH_k (1:5)	E.C. (1:5) (µS/cm)	Avail P.	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
							(ppm)					
	A60	0-5	6	6.00	4.50	130.9	5.11	0.501	14.77	231.44	64.37	3.48
		5-10	6	6.05	4.60	80.3	6.58	0.469	11.81	273.82	59.81	3.35
		10-20	6	6.25	4.76	68.1	4.58	0.126	2.01	66.60	59.73	3.32
		20-30	6.5	6.31	4.86	58.0	3.31	0.084	0.96	44.79	45.75	2.88
	A61	0-5	8	5.91	5.10	178.8	10.14	0.798	20.53	221.85	23.36	3.35
		5-10	8	6.00	5.04	132.9	9.93	0.736	19.00	229.64	71.39	3.36
		10-20	7	6.31	5.39	77.4	3.55	0.419	9.57	135.75	49.97	2.54
		20-30	8	7.69	6.91	94.5	4.31	0.066	1.06	6.50	17.12	1.14
	A62	0-5	7	6.45	5.38	76.7	4.85	1.023	24.56	146.65	55.01	3.35
		5-10	6.5	6.41	4.97	67.1	4.57	0.782	20.89	224.14	52.24	3.23
		10-20	6.5	6.48	5.18	57.3	2.55	0.529	15.45	133.34	51.89	2.96
		20-30	8	6.66	6.29	80.6	2.28	0.084	1.28	14.10	55.51	1.72
	A63	0-5	8	6.44	6.06	115.9	7.96	1.305	30.39	97.89	41.32	2.92
		5-10	7	6.48	5.35	72.4	4.54	1.230	29.51	161.35	46.00	3.21
		10-20	8	6.57	5.75	62.0	4.30	0.822	21.33	103.68	26.71	2.65
		20-30	8	6.78	5.97	91.2	2.55	0.098	1.15	7.87	27.70	1.25

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Transect	Code	Depth	pH_f	pH_w (1:5)	pH_k (1:5)	E.C. (1:5) (µS/cm)	Avail P.	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
							(ppm)					
8	A64	0-5	8	7.23	6.81	206.0	27.32	0.841	12.88	48.15	61.37	1.39
		5-10	8	6.61	6.14	107.0	12.14	1.194	16.46	74.53	69.38	1.50
		10-20	7	6.80	5.97	54.0	2.26	0.381	3.30	38.25	43.36	1.72
		20-30	7	6.99	5.91	43.8	6.82	0.042	0.62	9.46	22.03	1.19
	A65	0-5	7	6.43	5.10	138.4	7.31	0.596	12.77	133.12	59.24	1.87
		5-10	7	6.48	4.89	66.5	4.55	0.049	0.73	40.27	62.44	1.93
		10-20	7	6.55	4.86	58.5	4.55	0.169	4.87	103.45	38.33	1.60
		20-30	7	6.65	4.63	39.4	4.53	0.045	0.57	28.65	29.92	1.35
	A66	0-5	6.5	6.07	4.80	138.2	7.33	0.499	12.52	198.75	69.97	2.15
		5-10	6.5	5.92	4.57	147.5	9.18	0.498	12.93	249.29	57.25	2.08
		10-20	7	6.25	5.45	85.4	2.29	0.168	2.59	85.76	68.17	1.91
		20-30	7	6.50	5.72	61.2	5.39	0.049	0.68	15.21	22.94	1.60
	A67	0-5	6.5	6.10	5.55	166.1	8.71	0.354	6.32	143.36	40.87	2.09
		5-10	7	6.21	5.50	126.8	6.12	0.259	4.59	133.59	53.74	1.88
		10-20	7	6.56	5.83	70.7	5.81	0.041	0.49	8.90	16.10	1.40
		20-30	7	6.58	5.45	74.8	4.57	0.029	0.49	13.87	20.09	1.38

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

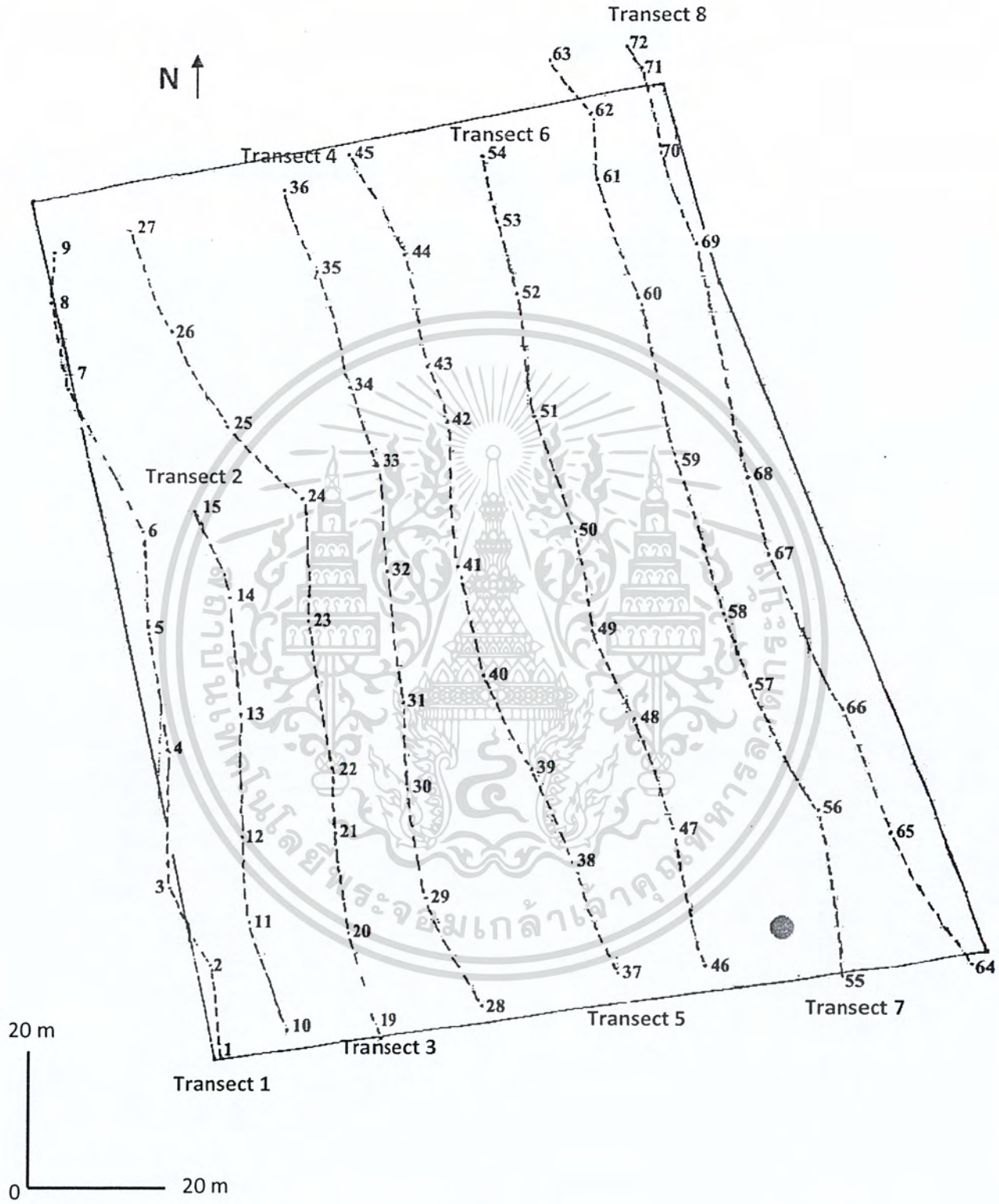
Transect	Code	Depth	pH_f	pH_w (1:5)	pH_k (1:5)	E.C. (1:5) (µS/cm)	Avail P.	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
							(ppm)					
	A68	0-5	7	6.21	5.44	148.3	5.06	0.295	5.08	125.71	63.29	2.00
		5-10	7	6.50	5.93	108.7	5.86	0.107	1.40	38.06	46.59	1.99
		10-20	7	6.75	5.93	70.8	6.12	0.035	0.42	10.16	20.00	1.53
		20-30	7	6.71	5.63	71.1	3.31	0.036	0.58	11.43	24.12	1.34
	A69	0-5	8	6.38	5.40	107.8	12.66	0.368	7.79	259.32	69.86	3.03
		5-10	8	6.52	5.58	70.6	7.08	0.272	3.81	154.63	36.94	2.71
		10-20	7	6.64	5.19	51.6	4.29	0.174	2.60	80.68	28.24	2.92
	A70	0-5	8	6.27	5.49	166.4	17.10	0.617	14.60	255.13	77.03	3.12
		5-10	8	6.38	5.78	107.7	11.25	0.564	11.15	197.25	59.98	2.74
		10-20	7	6.50	5.32	76.7	7.59	0.514	13.81	168.53	71.82	2.66
	A71	0-5	8	6.41	6.10	178.9	23.37	0.793	20.08	200.35	65.15	2.61
		5-10	8	6.55	5.72	84.6	6.85	0.647	14.23	176.87	65.70	2.54
		10-20	8	6.57	5.78	82.6	12.60	0.661	14.18	159.30	60.10	2.54
		20-30	7	6.74	6.24	82.4	3.04	0.286	5.21	50.95	41.17	1.84

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Transect	Code	Depth	pH_f	pH_w (1:5)	pH_k (1:5)	E.C. (1:5) (µS/cm)	Avail P.	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
							(ppm)					
	A72	0-5	8	6.52	5.80	115.5	13.13	1.011	25.01	147.48	71.55	1.95
		5-10	6.5	6.55	5.01	82.5	8.80	1.019	28.19	244.26	63.92	2.03
		10-20	8	6.75	6.01	68.3	3.27	0.316	6.48	36.92	20.13	1.42
		20-30	8	6.89	6.27	49.5	5.34	0.110	1.41	9.04	13.58	1.78
	R1	0-5	6.5	6.48	4.99	130.6	2.29	0.415	5.91	103.89	43.67	1.84
		5-10	6.5	6.62	5.69	100.3	4.08	0.116	1.44	40.98	55.07	1.40
		10-20	7	6.66	5.81	97.8	4.60	0.035	0.39	10.46	48.97	1.58
		20-30	7	6.65	5.74	98.7	4.97	0.026	0.21	10.05	46.86	1.35
	R2	0-5	6	6.73	5.57	43.5	29.93	0.432	13.40	21.87	104.34	0.66
		5-10	6	6.68	4.65	28.0	11.56	0.332	0.92	45.69	92.22	1.10
		10-20	6	6.67	4.64	27.6	7.02	0.282	10.22	51.08	119.40	1.30
		20-30	6.5	6.74	4.68	25.7	5.08	0.166	5.26	39.14	108.67	1.48

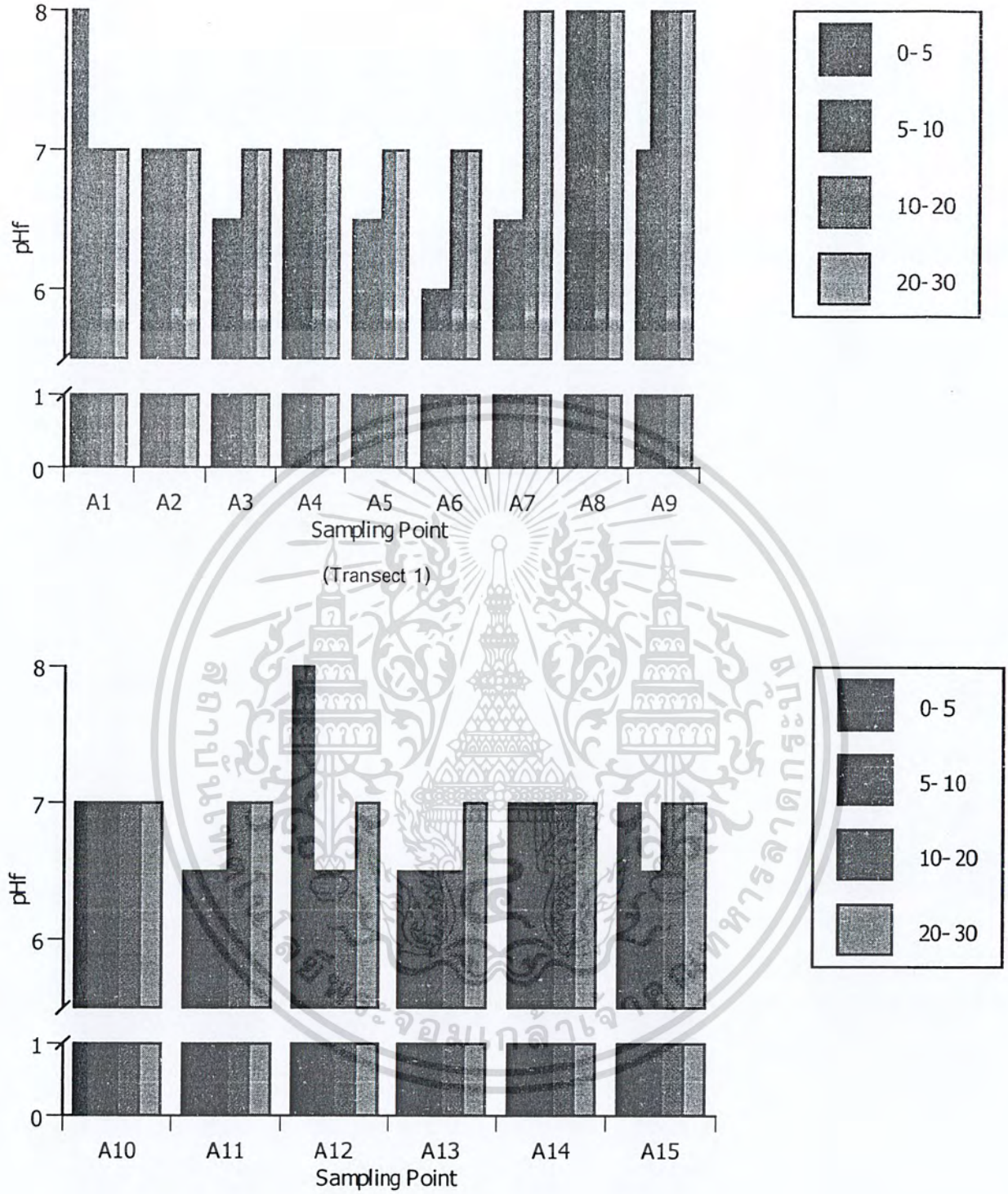
ภาพผนวกที่ 1 ก แสดงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (ระบบ UTM) ของแปลงนาที่เป็นพื้นที่ศึกษาและจุดอ้างอิง R1 และ R2 ซึ่งอยู่บริเวณที่ต่ำและที่สูงของเนินเขาตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



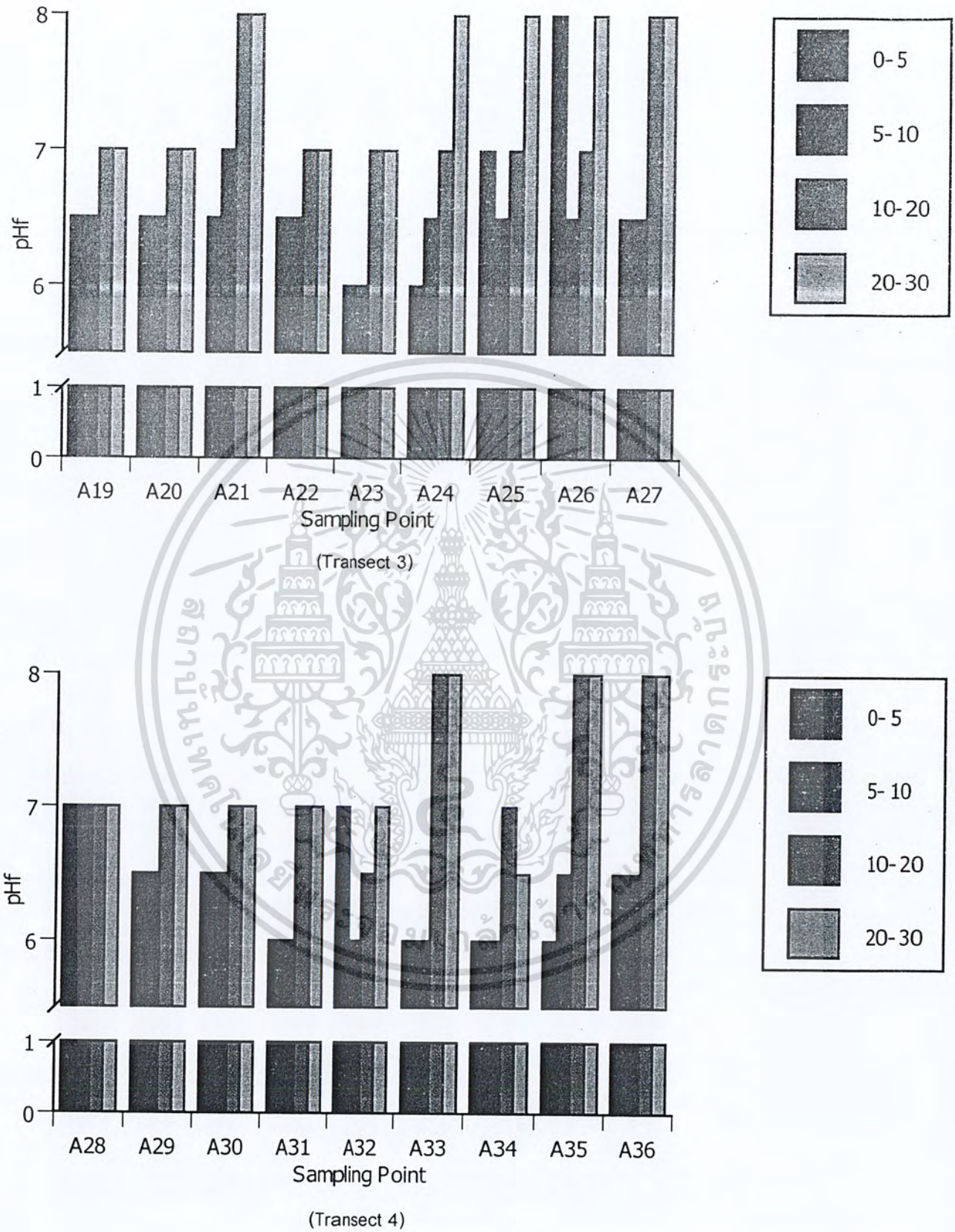
ภาพผนวกที่ 1 ข ภาพจำลองแสดงตำแหน่งการเก็บตัวอย่างดินของแต่ละ transect ของพื้นที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



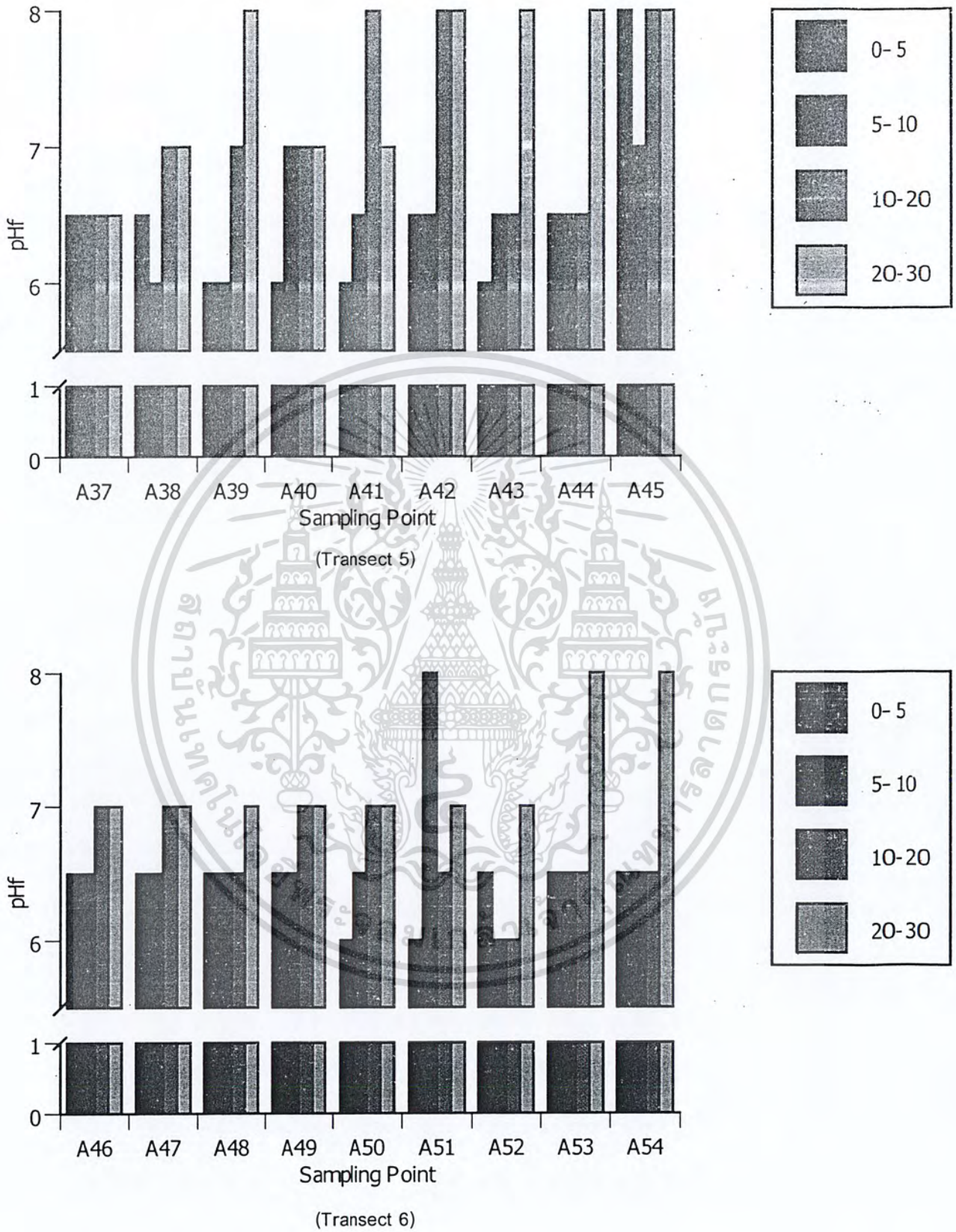
ภาพผนวกที่ 2 แสดงความผันแปรในแนวดิ่งของปฏิกิริยาดินในสนาม (pH_f)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



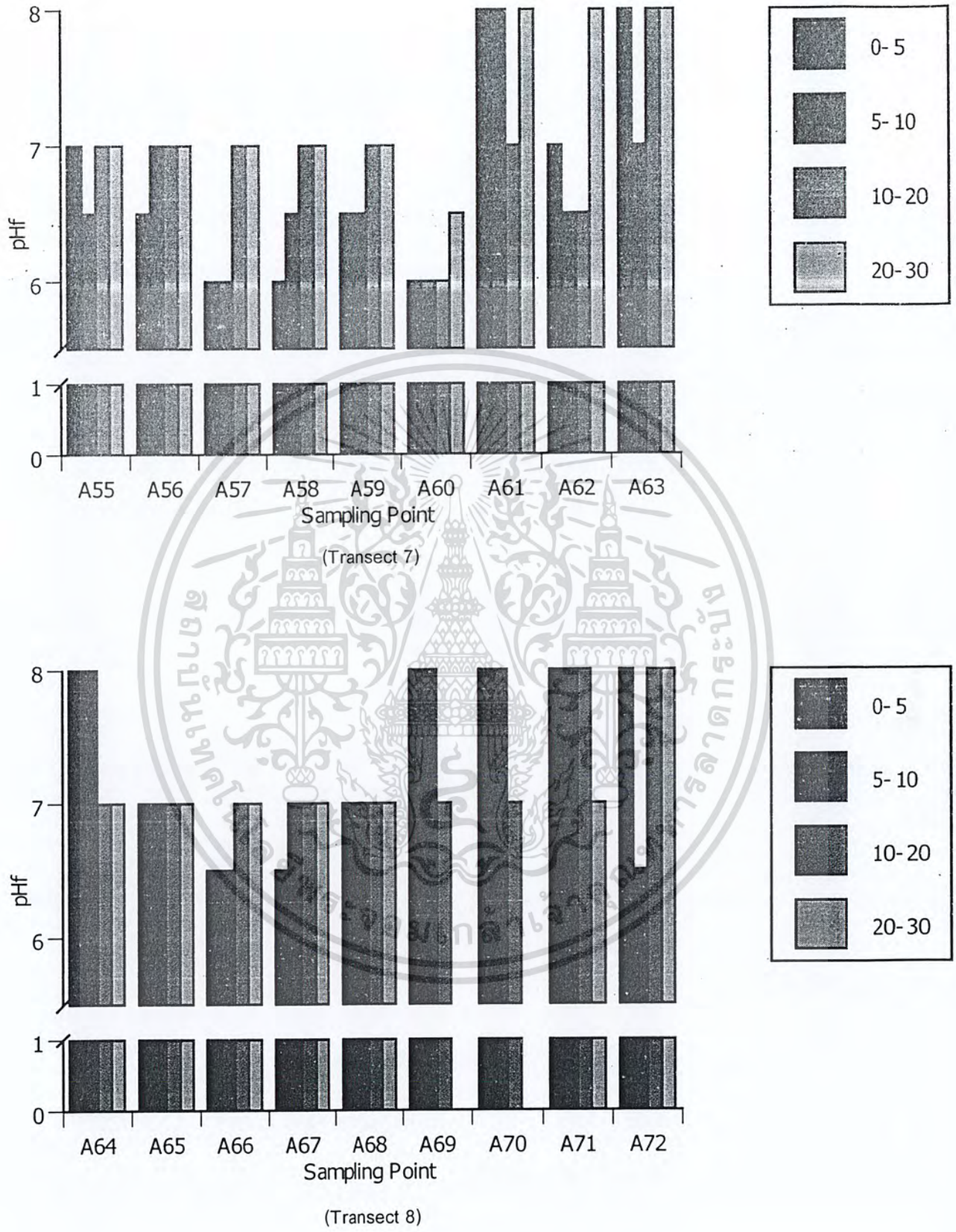
ภาพผนวกที่ 2 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



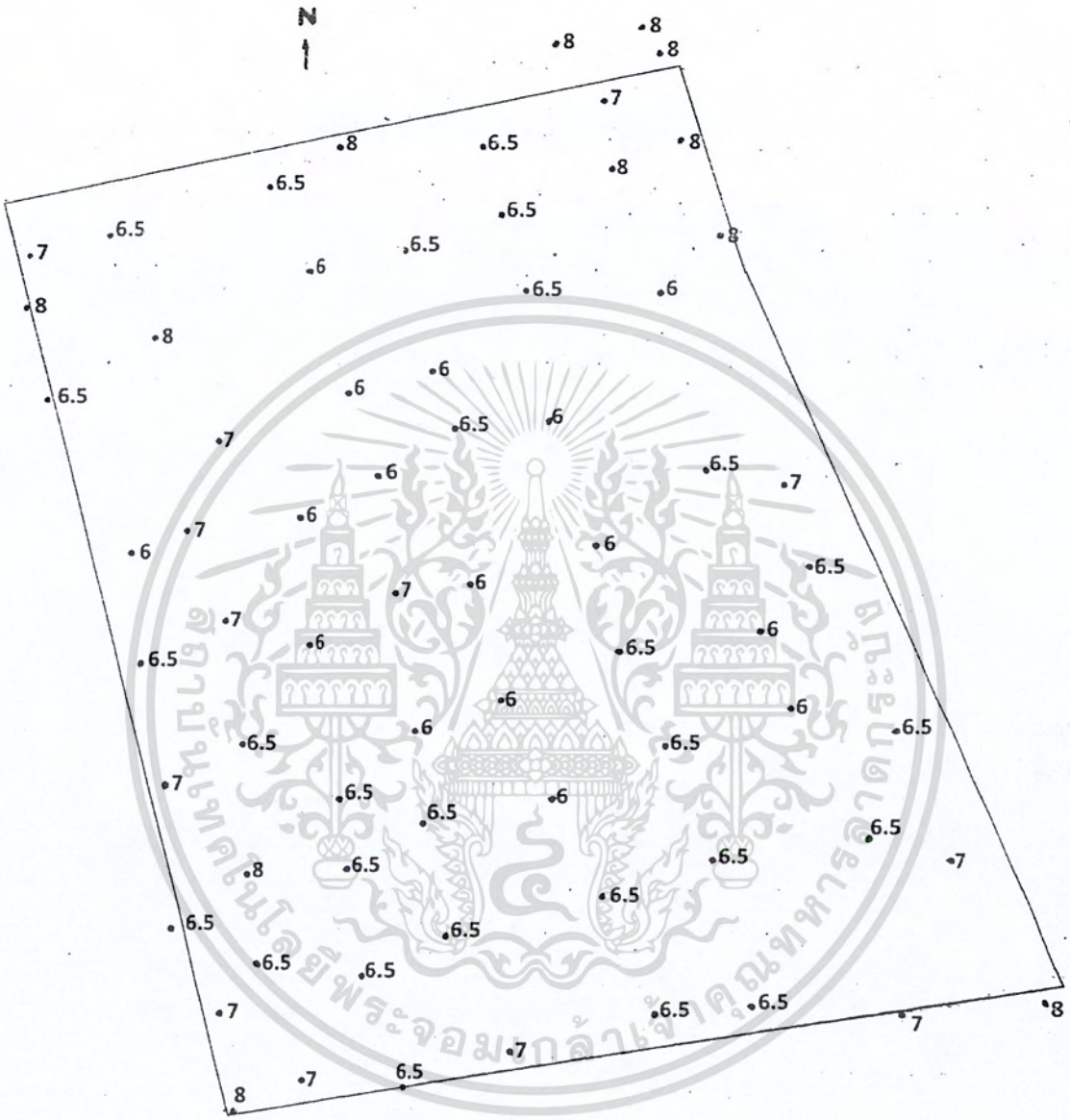
ภาพผนวกที่ 2 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 2 (ต่อ)

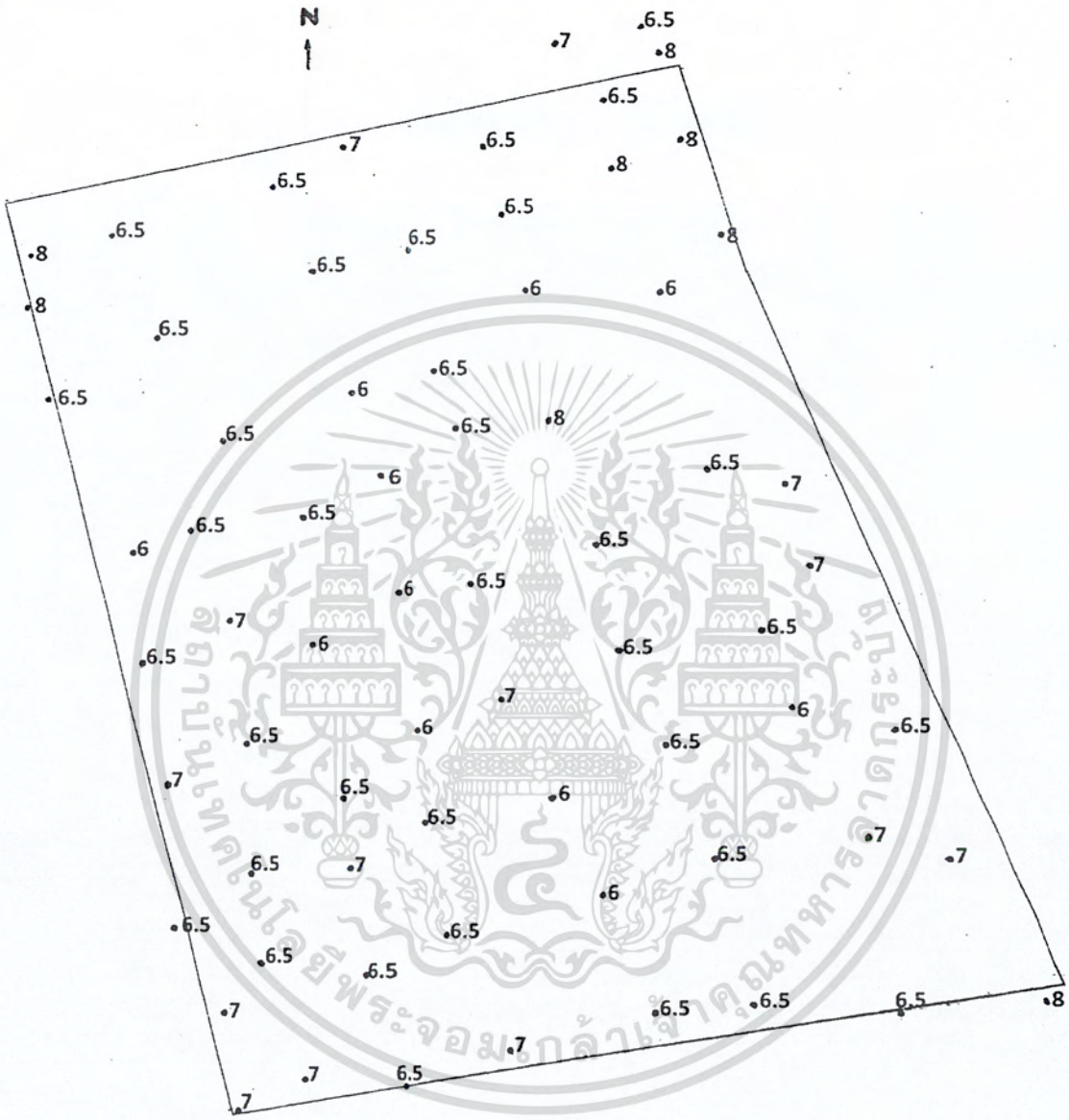
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



pH_f ที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร

ภาพผนวกที่ 3 ก แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_f ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร

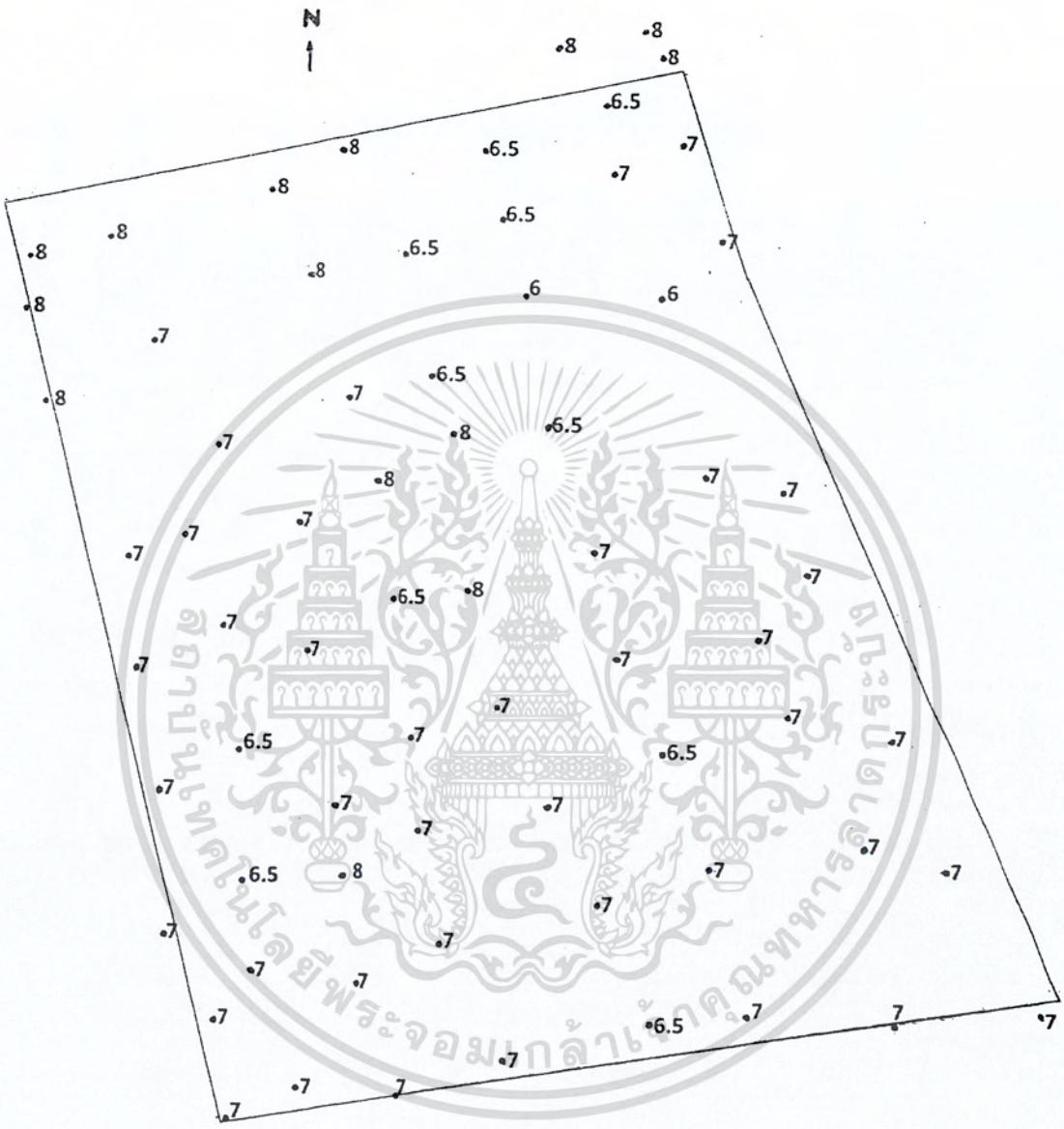
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



pH_f ที่ระดับความลึก 5-10 เซนติเมตร

ภาพผนวกที่ 3 **ข** แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_f ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร

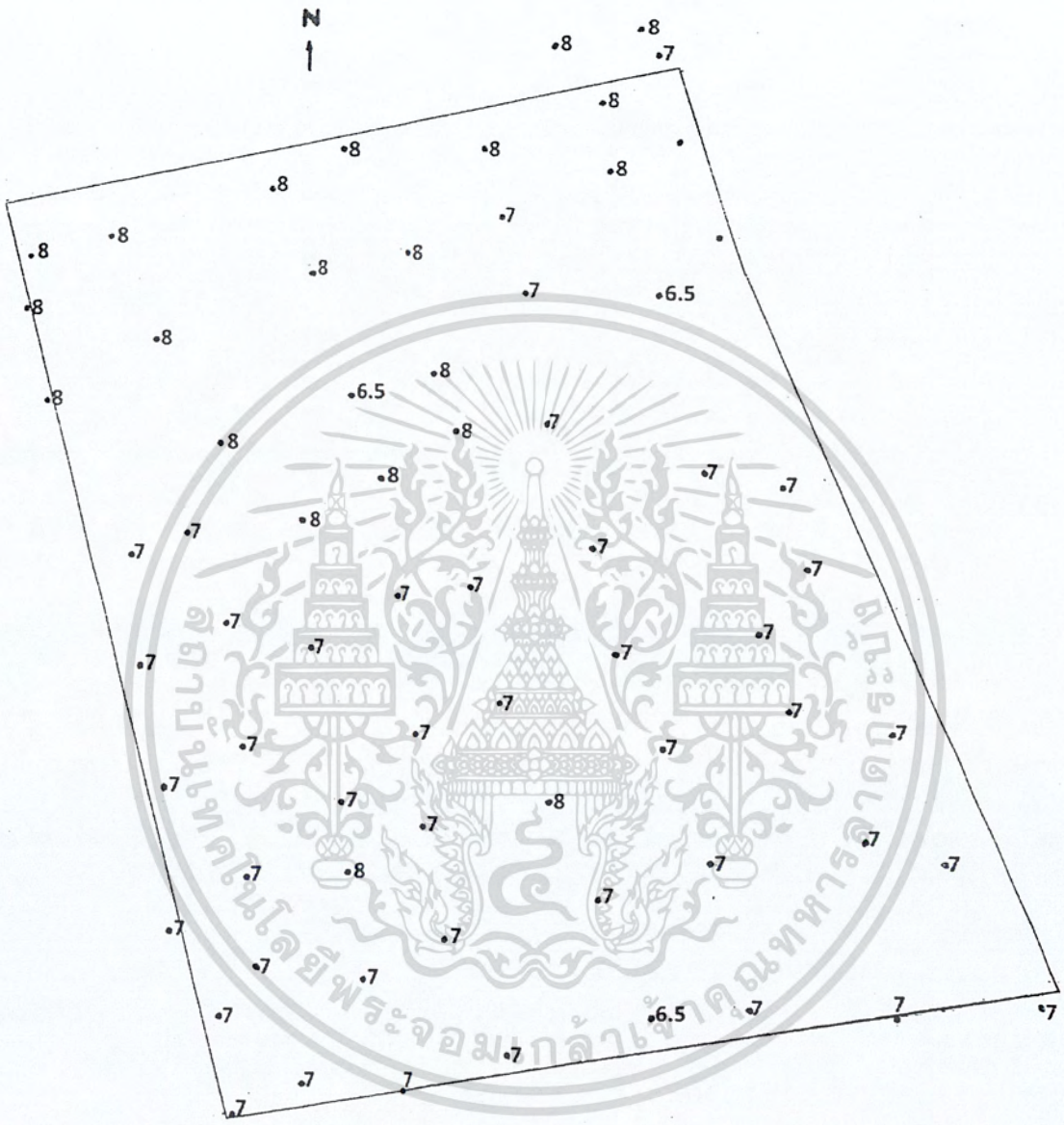
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



pH_f ที่ระดับความลึก 10-20 เซนติเมตร

ภาพผนวกที่ 3 ค แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_f ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร

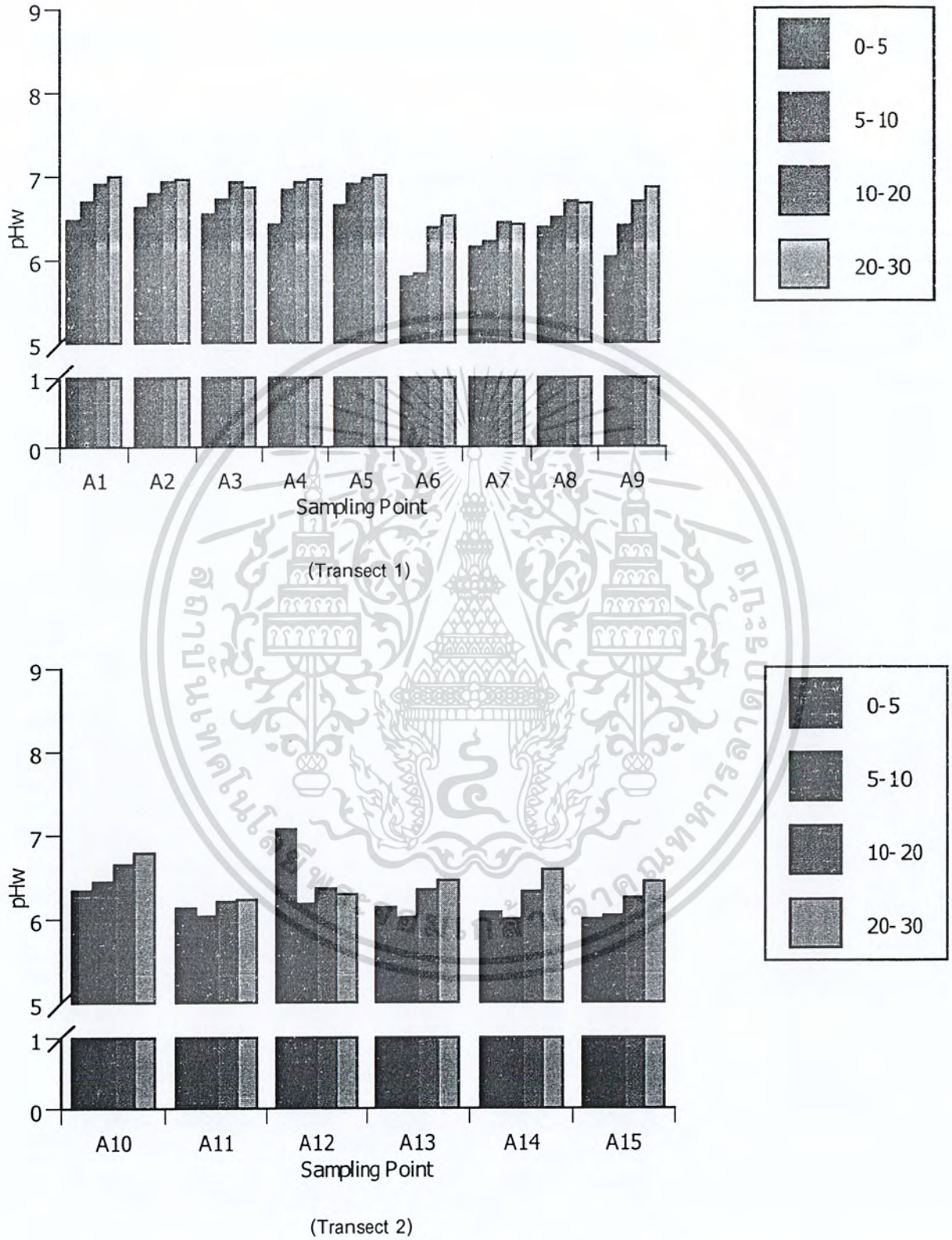
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



pH_f ที่ระดับความลึก 20-30 เซนติเมตร

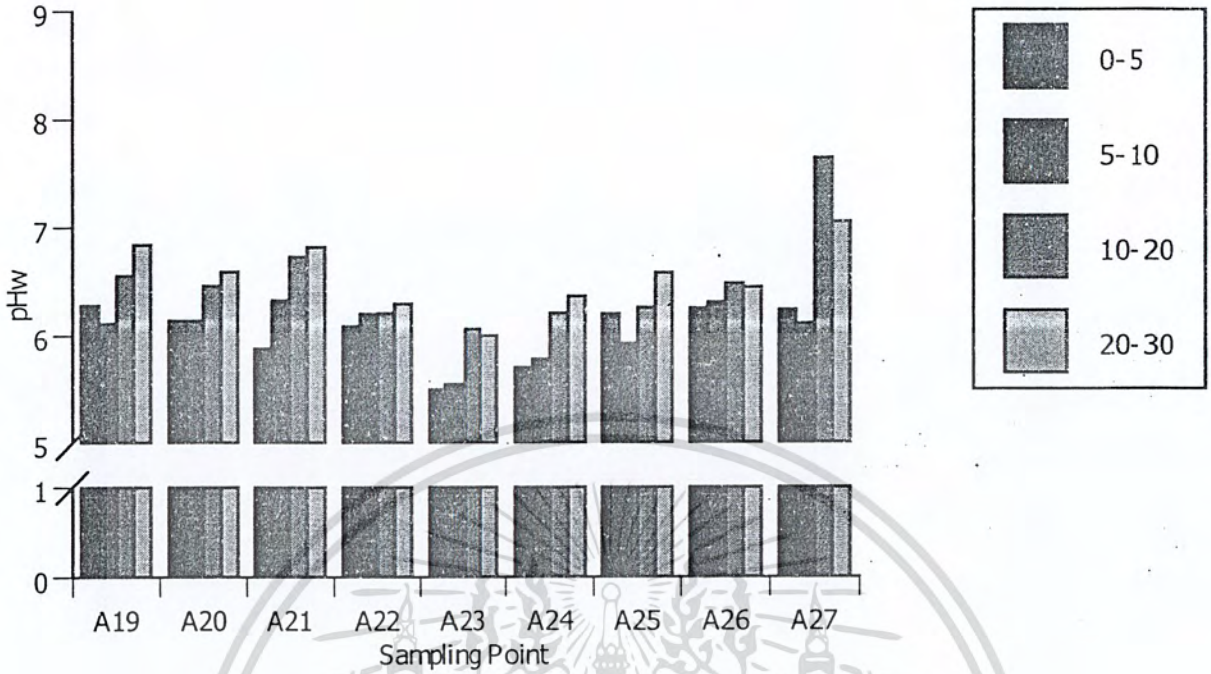
ภาพผนวกที่ 3 **ง** แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_f ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

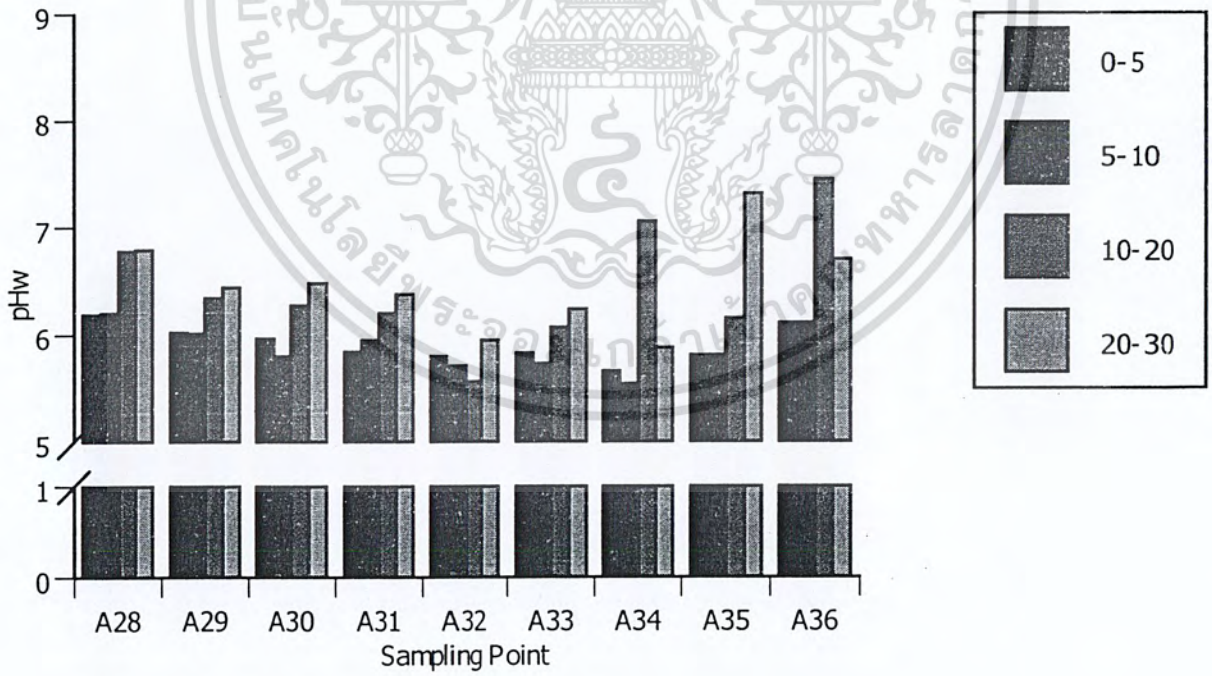


ภาพผนวกที่ 4 แสดงความผันแปรในแนวดิ่งของปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยน้ำ (pH_w)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



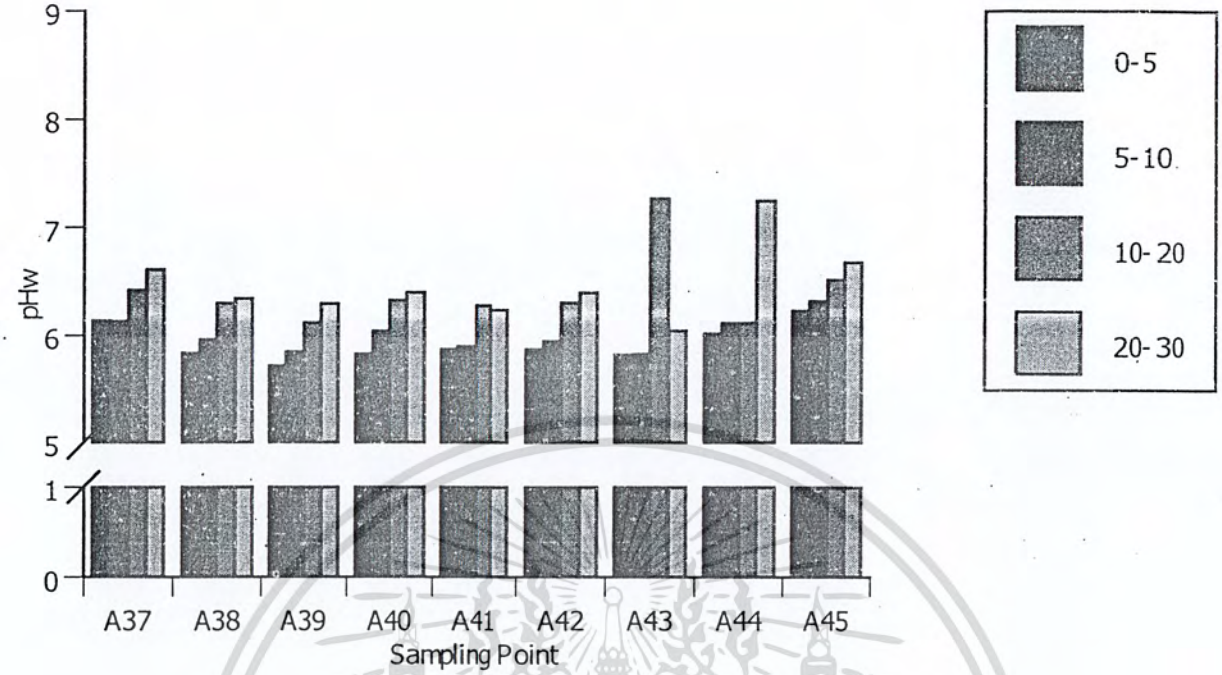
(Transect 3)



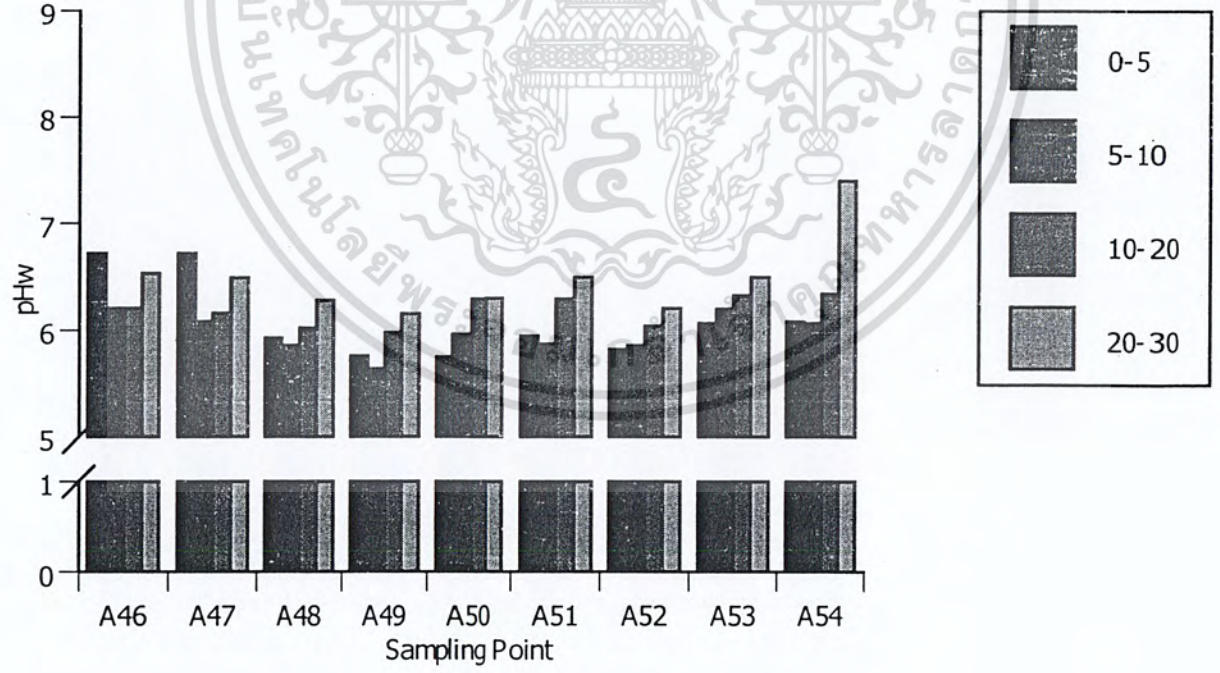
(Transect 4)

ภาพผนวกที่ 4 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



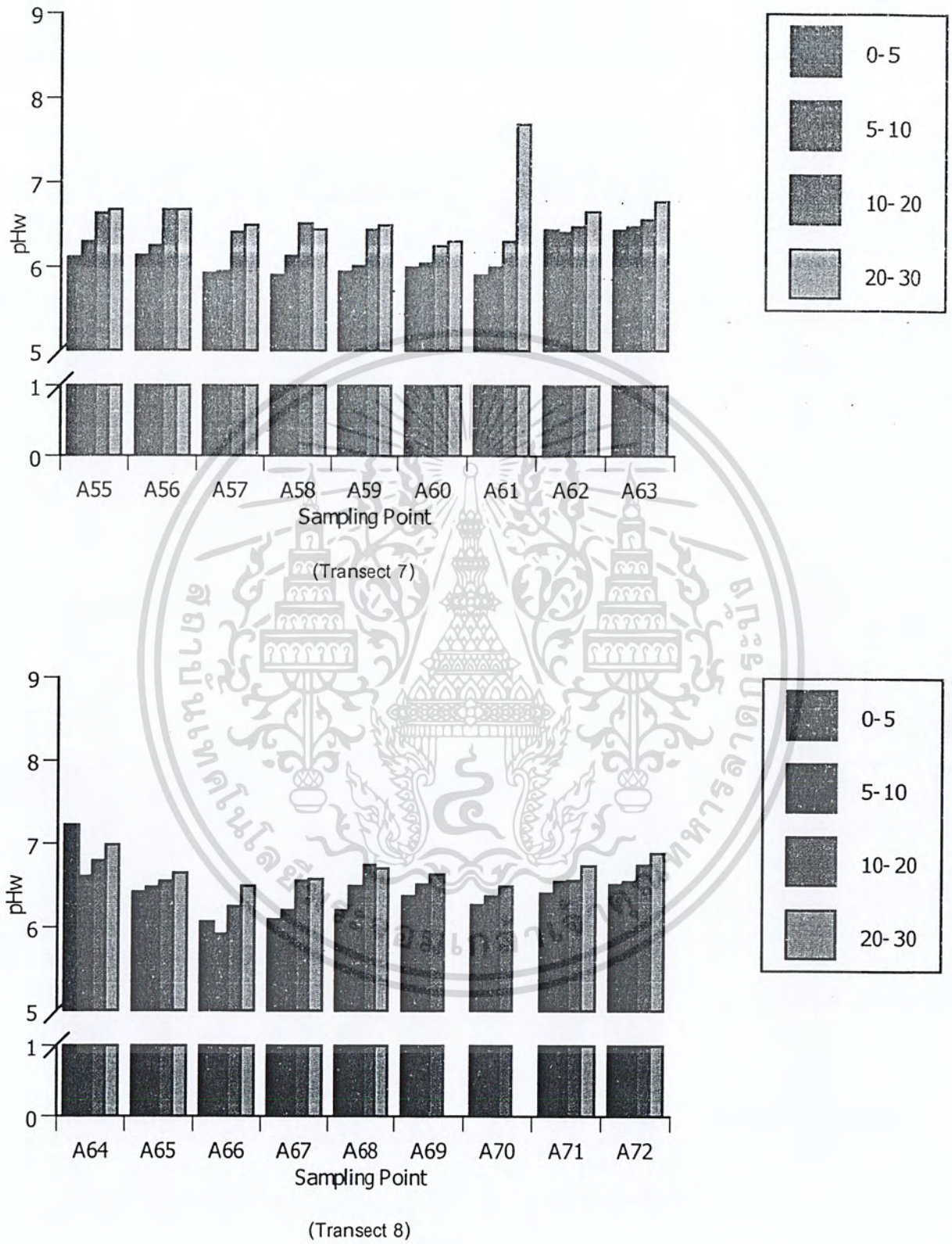
(Transcect 5)



(Transcect 6)

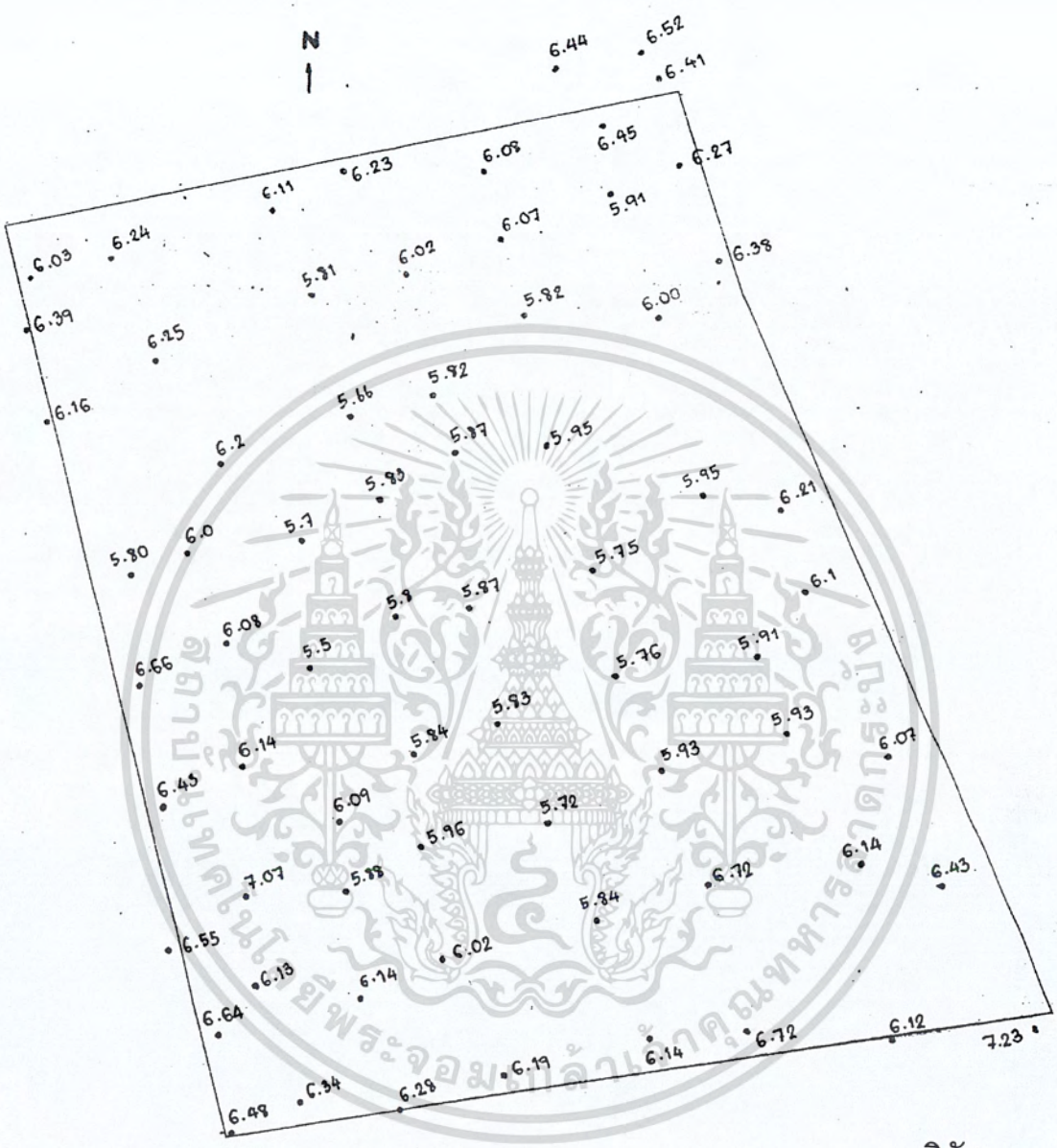
ภาพผนวกที่ 4 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 4 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

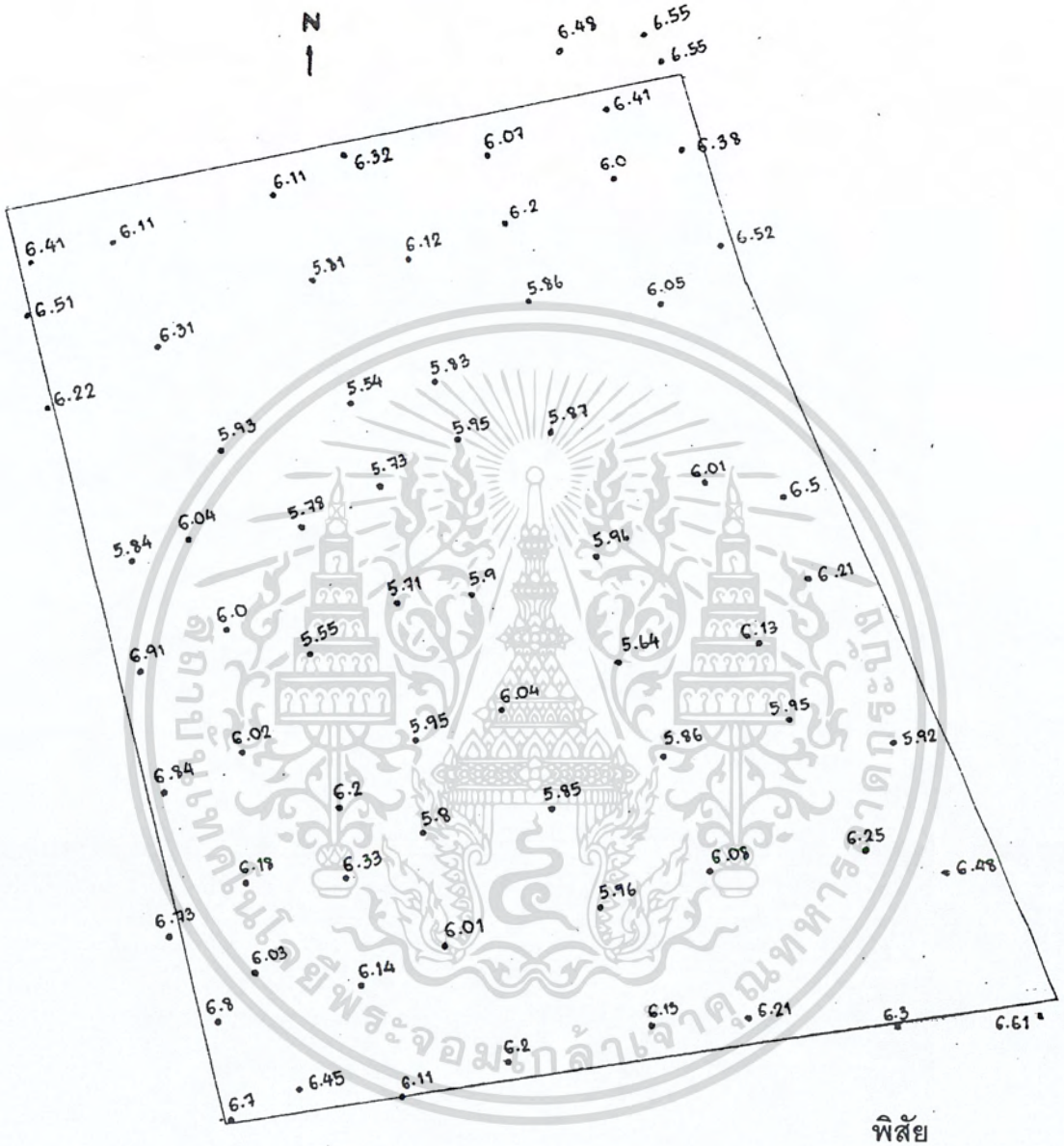


pHw ที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร

พิสัย	
<4.5	5.6-6.0
4.5-5.0	6.1-6.5
5.1-5.5	6.6-7.3

ภาพผนวกที่ 5 ก แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_w ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



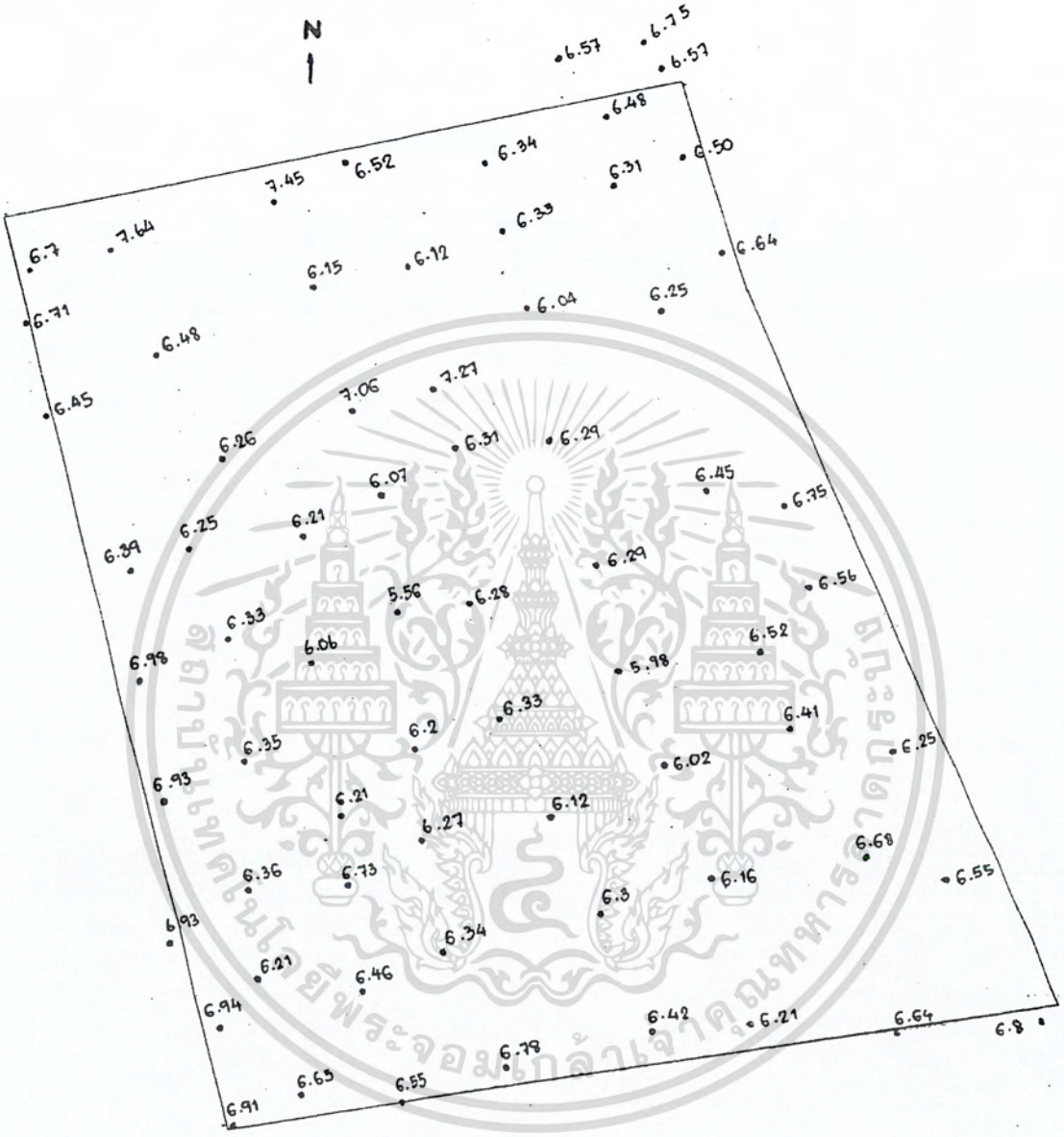
pHw ที่ระดับความลึก 5-10 เซนติเมตร

พิสัย

<4.5	5.6-6.0
4.5-5.0	6.1-6.5
5.1-5.5	6.6-7.3

ภาพผนวกที่ 5 ข แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_w ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

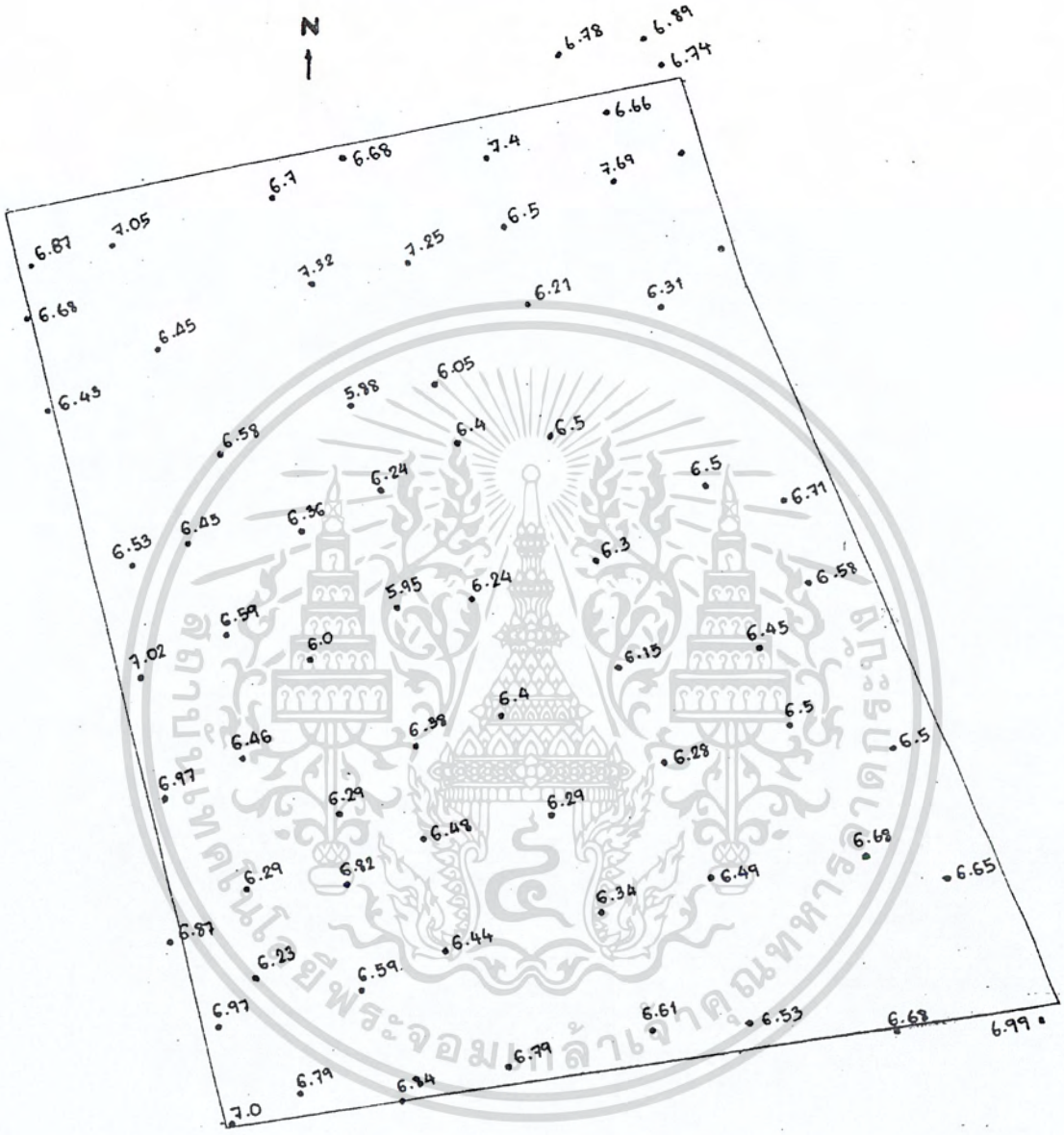


pHw ที่ระดับความลึก 10-20 เซนติเมตร

พิสัย	
<4.5	5.6-6.0
4.5-5.0	6.1-6.5
5.1-5.5	6.6-7.3

ภาพผนวกที่ 5 **ค** แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_w ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



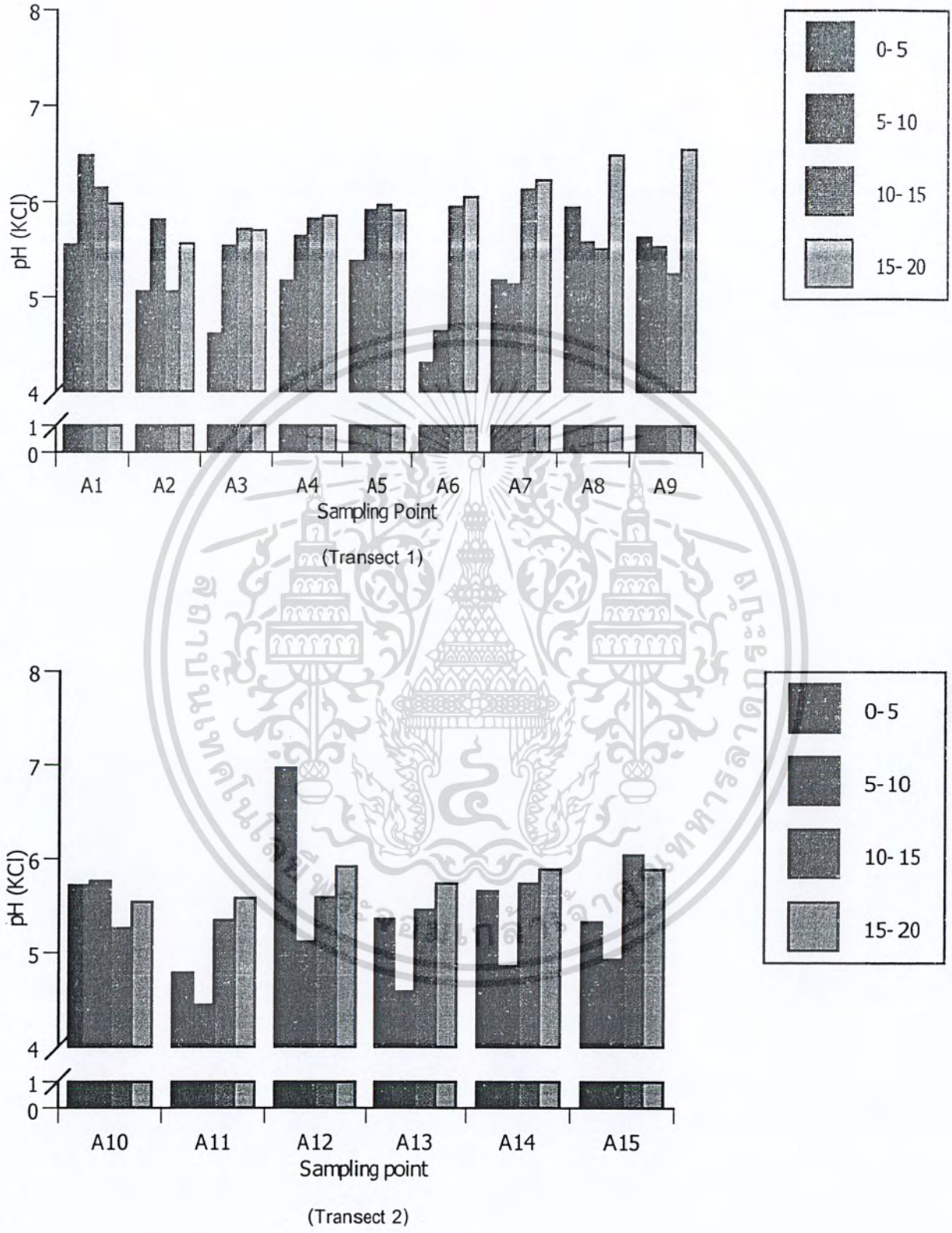
pHw ที่ระดับความลึก 20-30 เซนติเมตร

พิสัย

<4.5	5.6-6.0
4.5-5.0	6.1-6.5
5.1-5.5	6.6-7.3

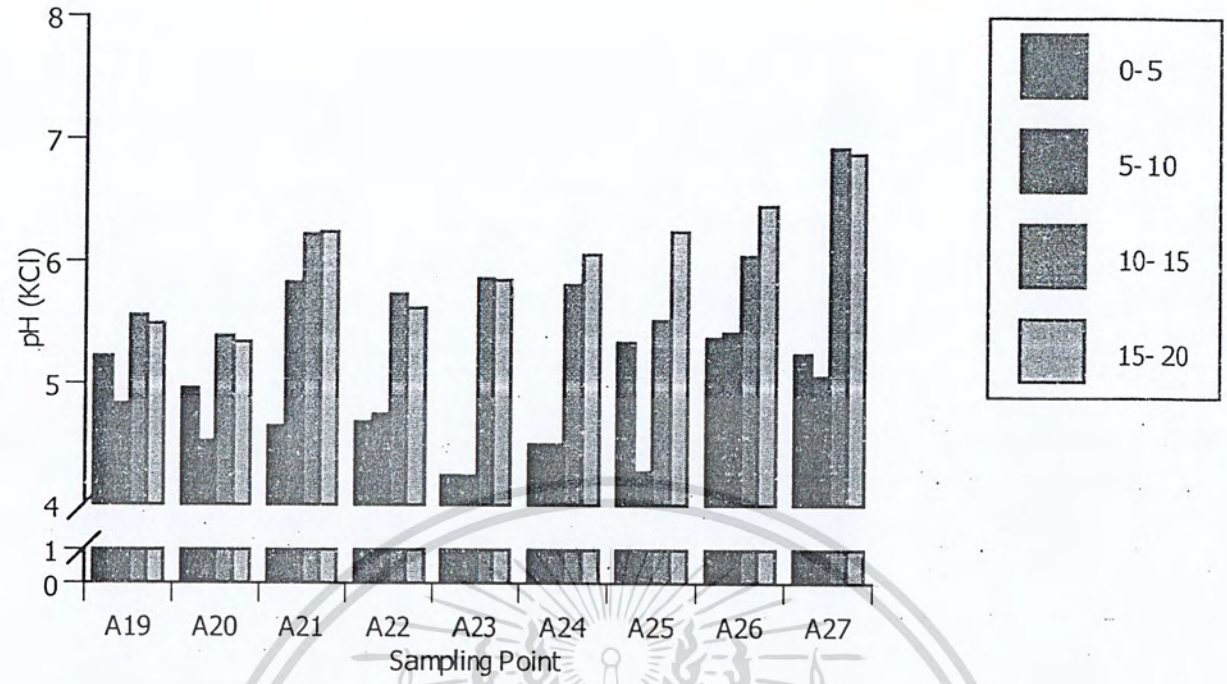
ภาพผนวกที่ 5 ง แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_w ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

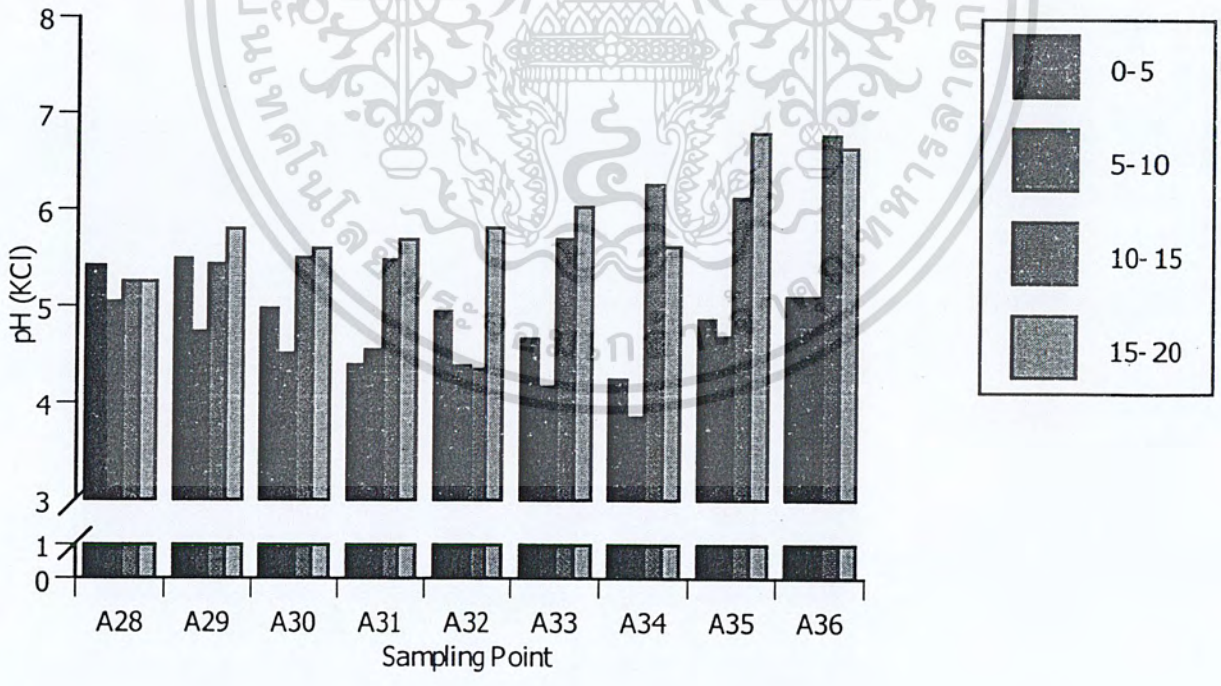


ภาพผนวกที่ 6 แสดงความผันแปรในแนวดิ่งของปฏิกิริยาดินที่วัดด้วย 1N KCl (pH_k)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



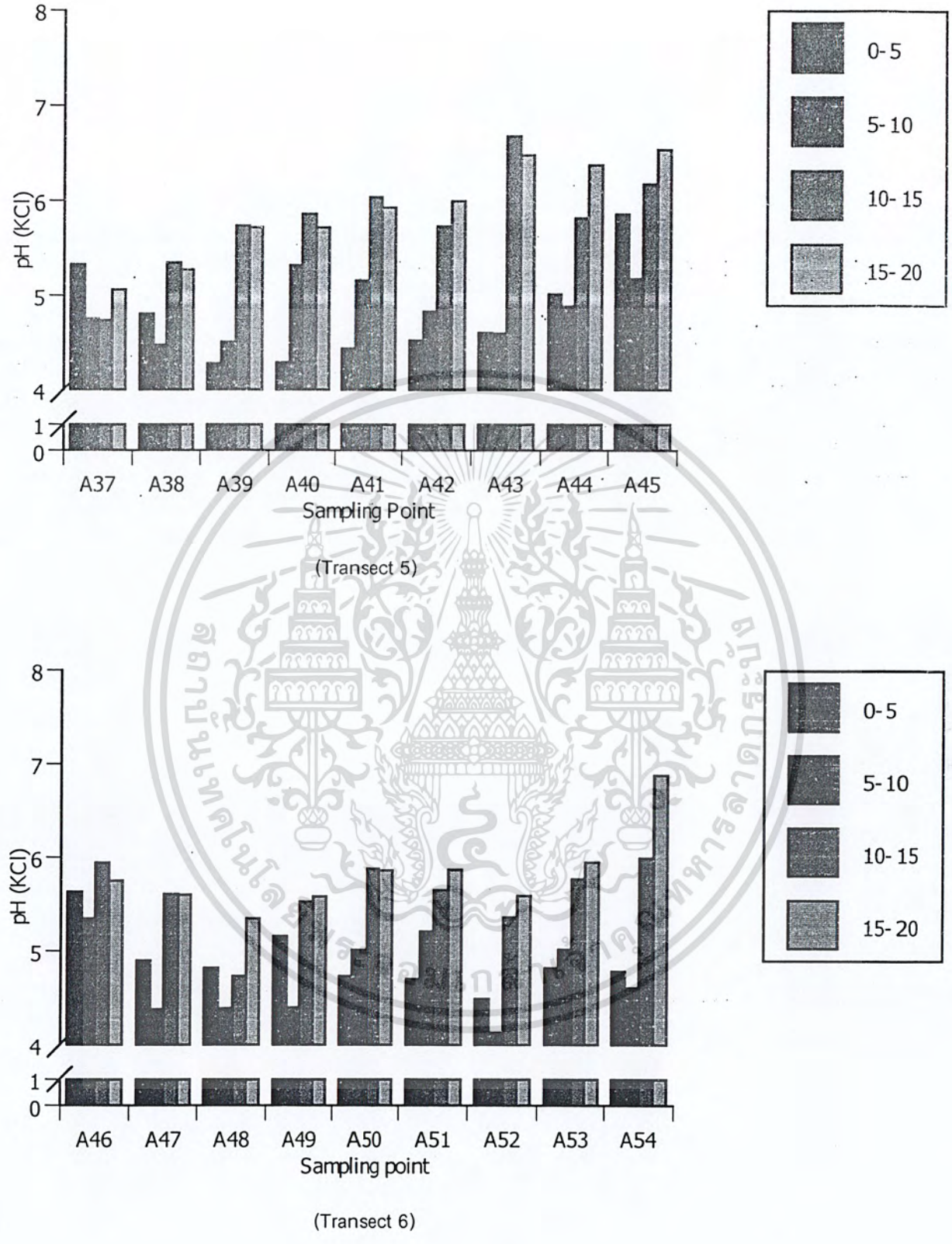
(Transcect 3)



(Transect 4)

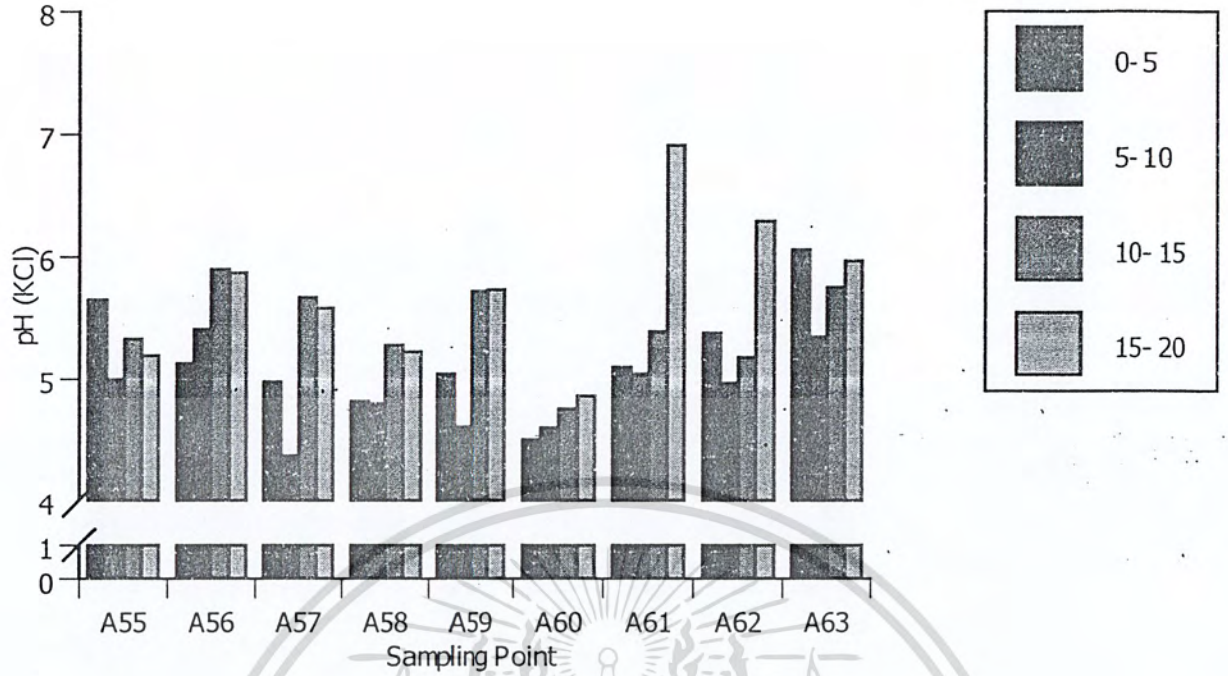
ภาพผนวกที่ 6 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

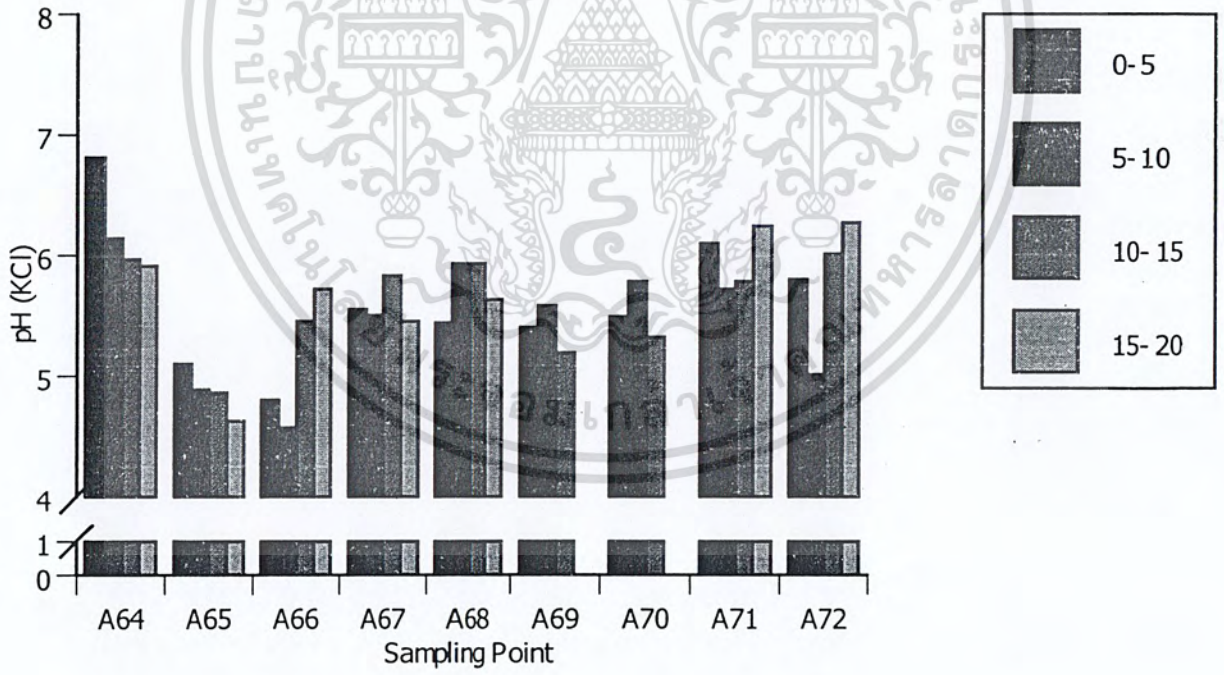


ภาพผนวกที่ 6 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



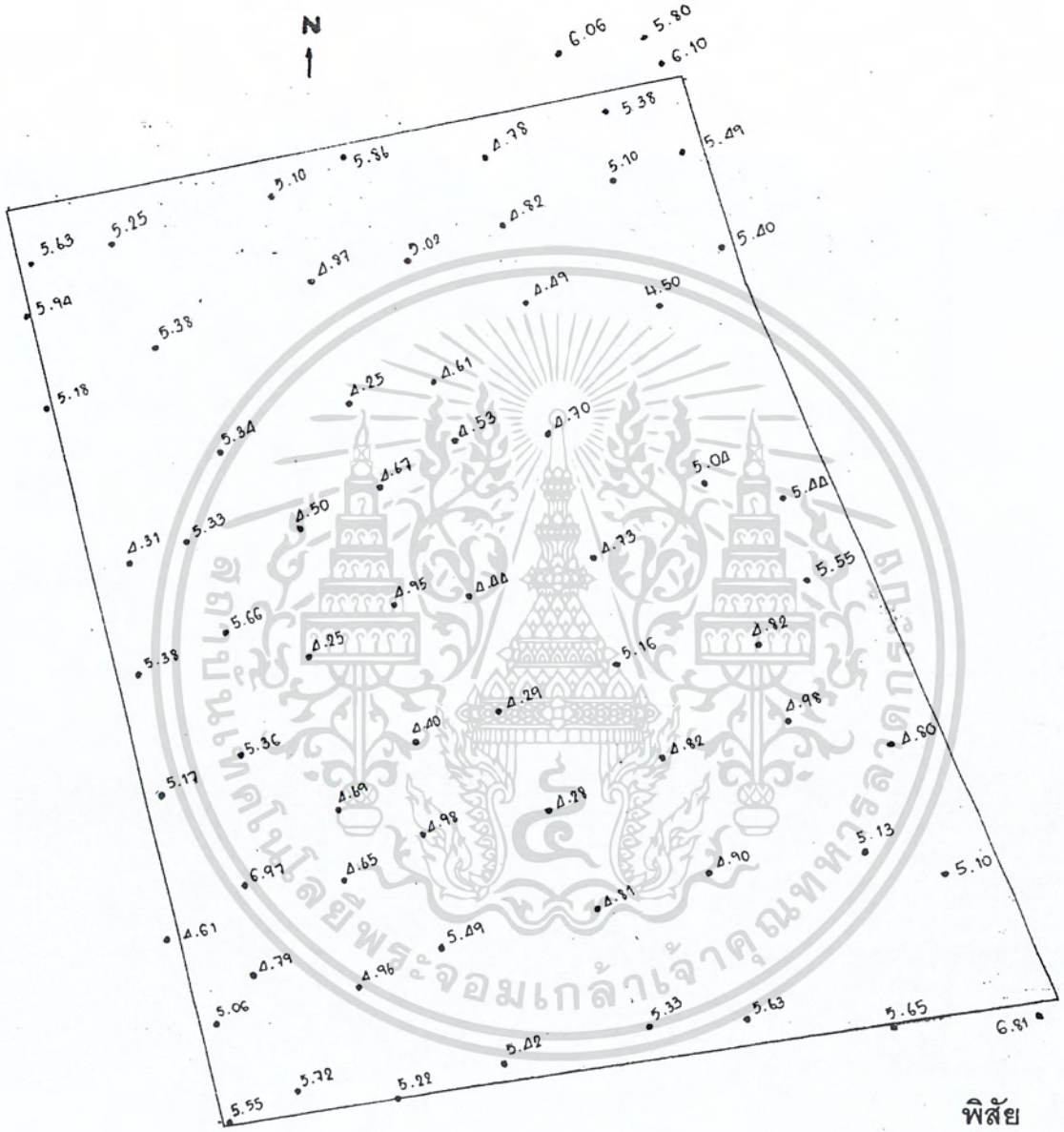
(Transect 7)



(Transect 8)

ภาพผนวกที่ 6 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



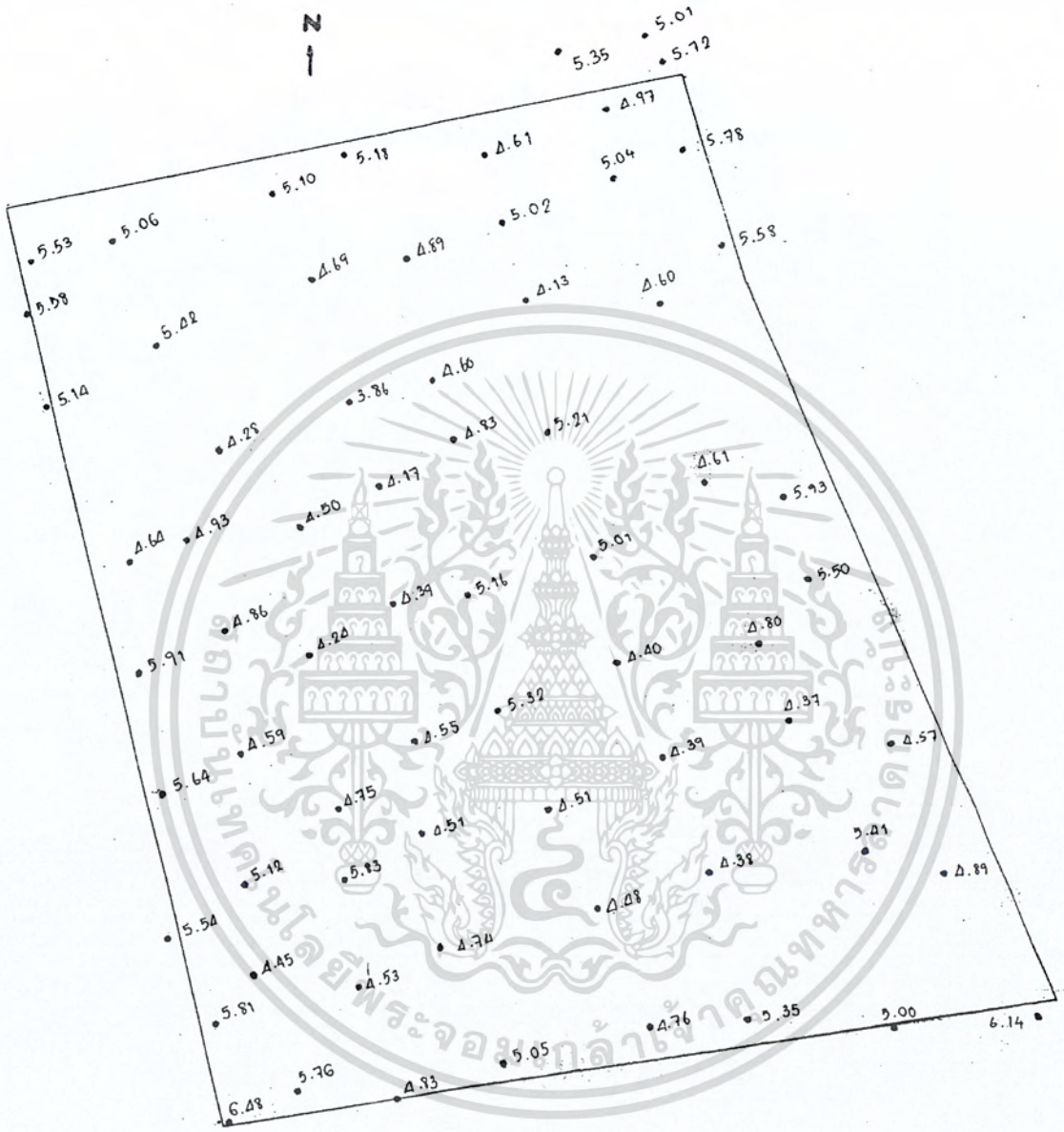
พิสัย

pHk ที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร

<4.5	5.6-6.0
4.5-5.0	6.1-6.5
5.1-5.5	6.6-7.3

ภาพผนวกที่ 7 ก แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_k ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



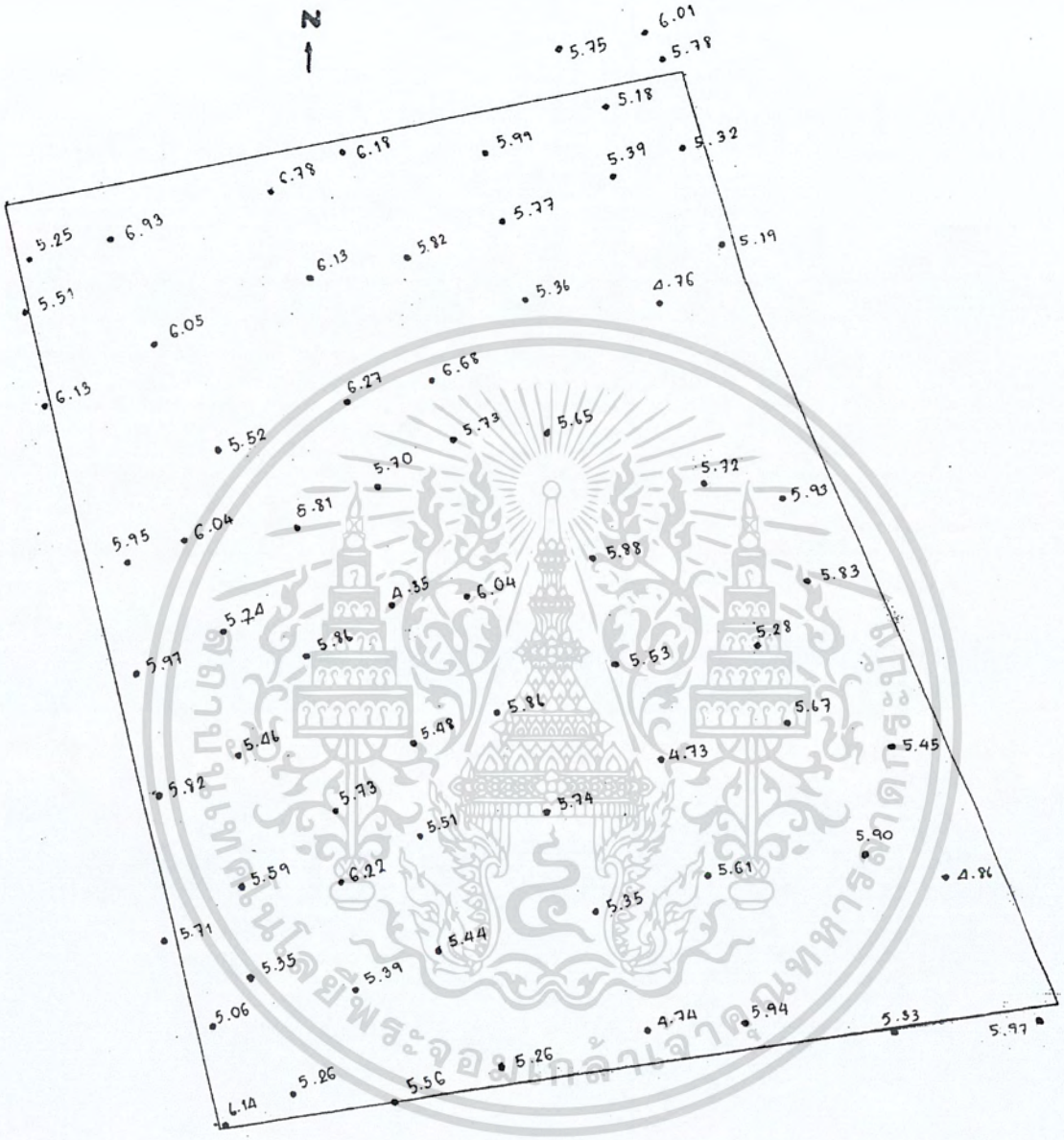
pHk ที่ระดับความลึก 5-10 เซนติเมตร

พิสัย

<4.5	5.6-6.0
4.5-5.0	6.1-6.5
5.1-5.5	6.6-7.3

ภาพผนวกที่ 7 ข แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_k ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

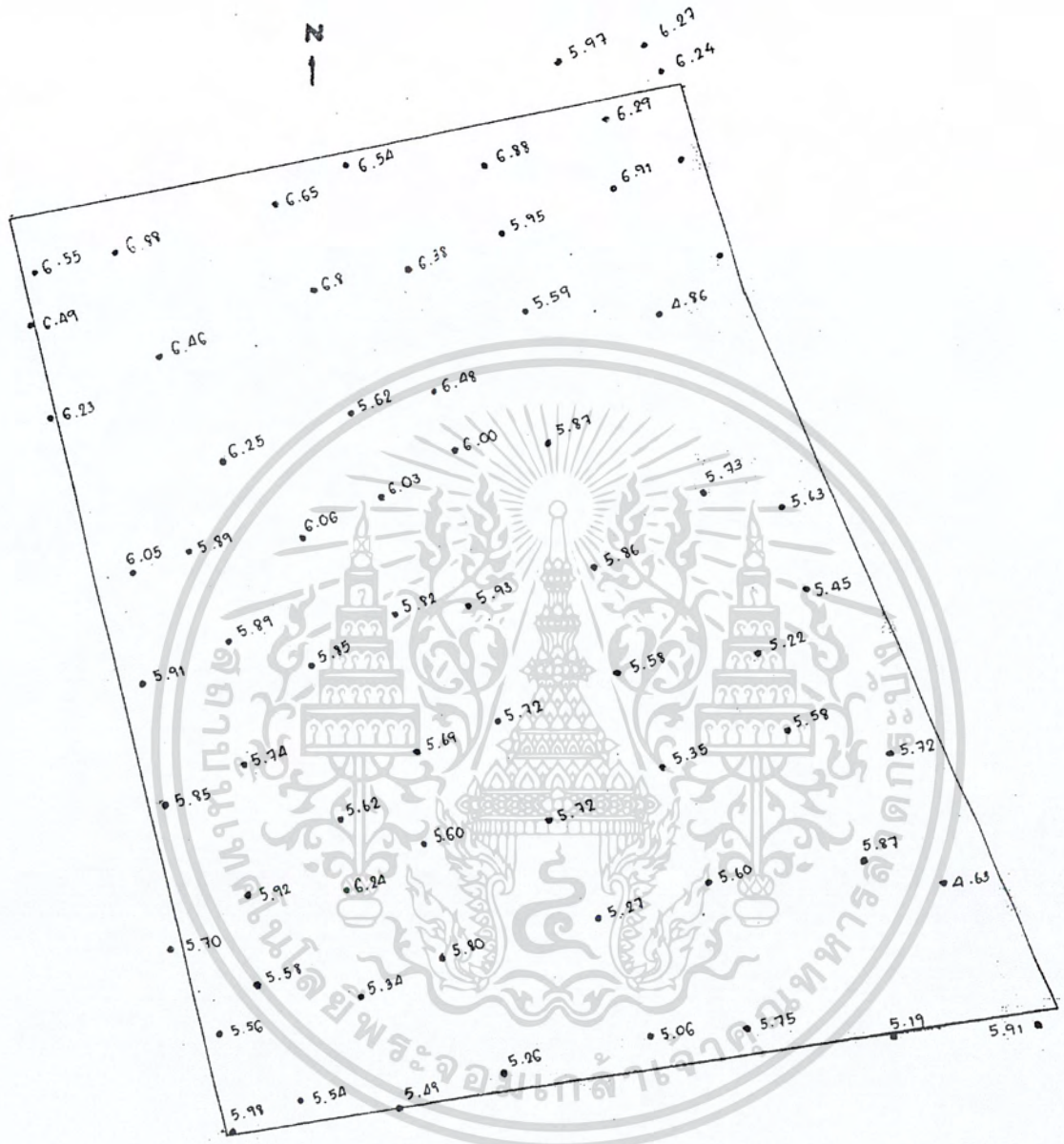


pHk ที่ระดับความลึก 10-20 เซนติเมตร

พิสัย	
<4.5	5.6-6.0
4.5-5.0	6.1-6.5
5.1-5.5	6.6-7.3

ภาพผนวกที่ 7 ค แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_k ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



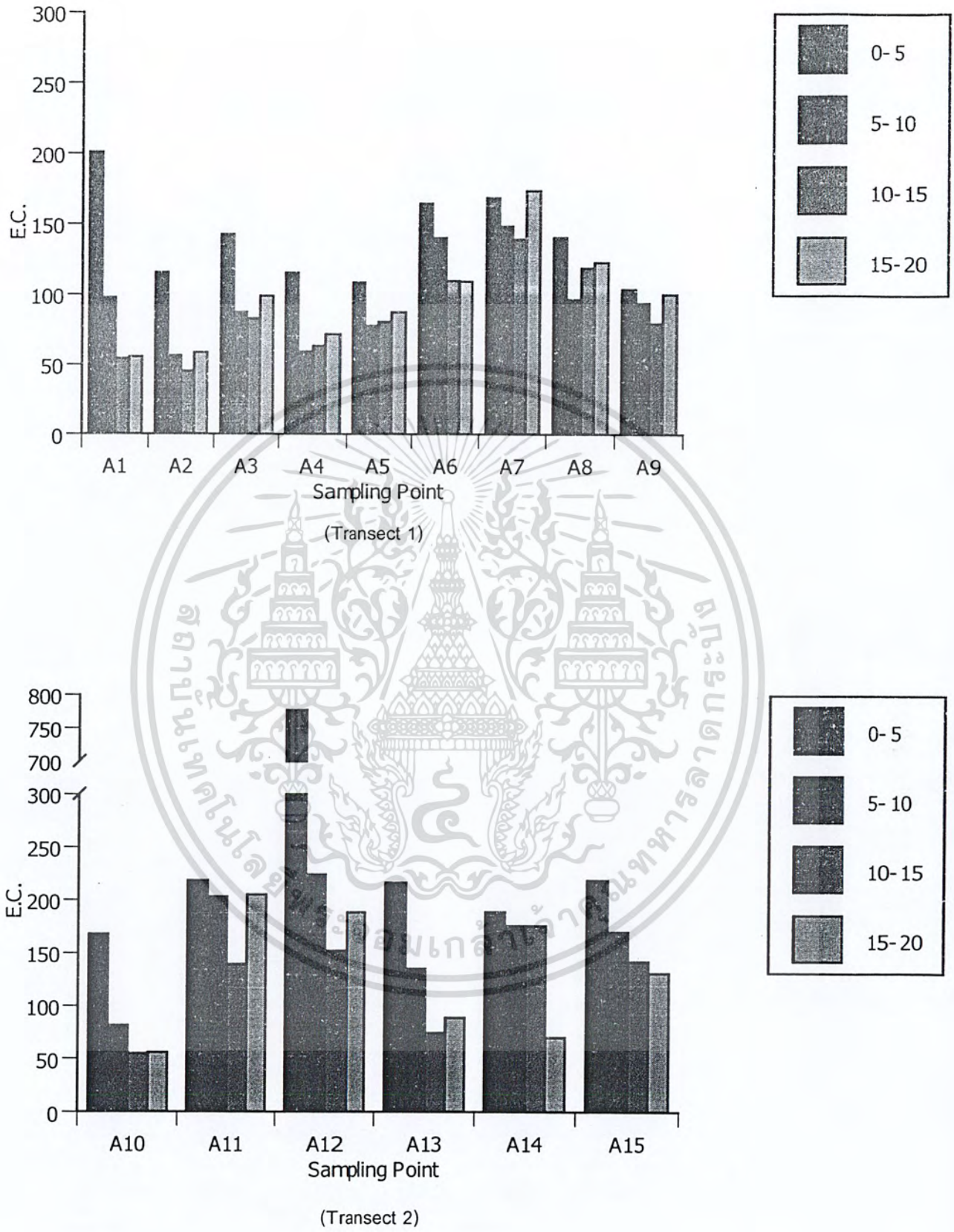
pHk ที่ระดับความลึก 20-30 เซนติเมตร

พิสัย

<4.5	5.6-6.0
4.5-5.0	6.1-6.5
5.1-5.5	6.6-7.3

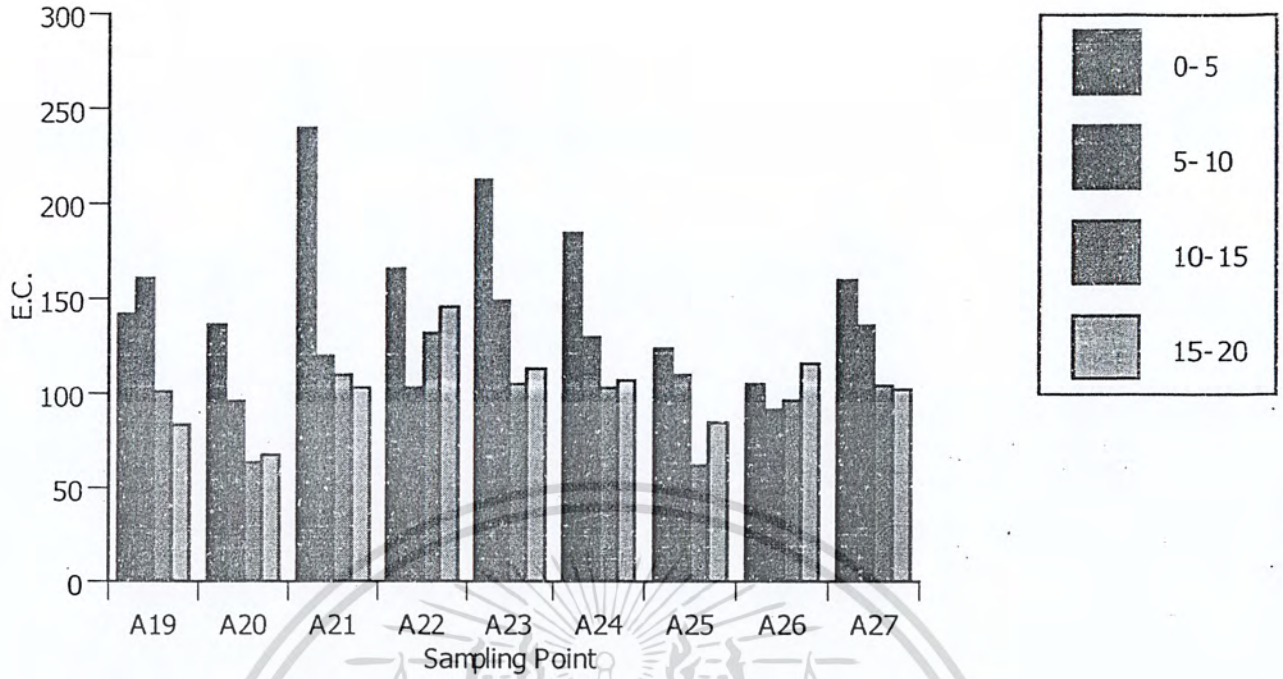
ภาพผนวกที่ 7 ง แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_k ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

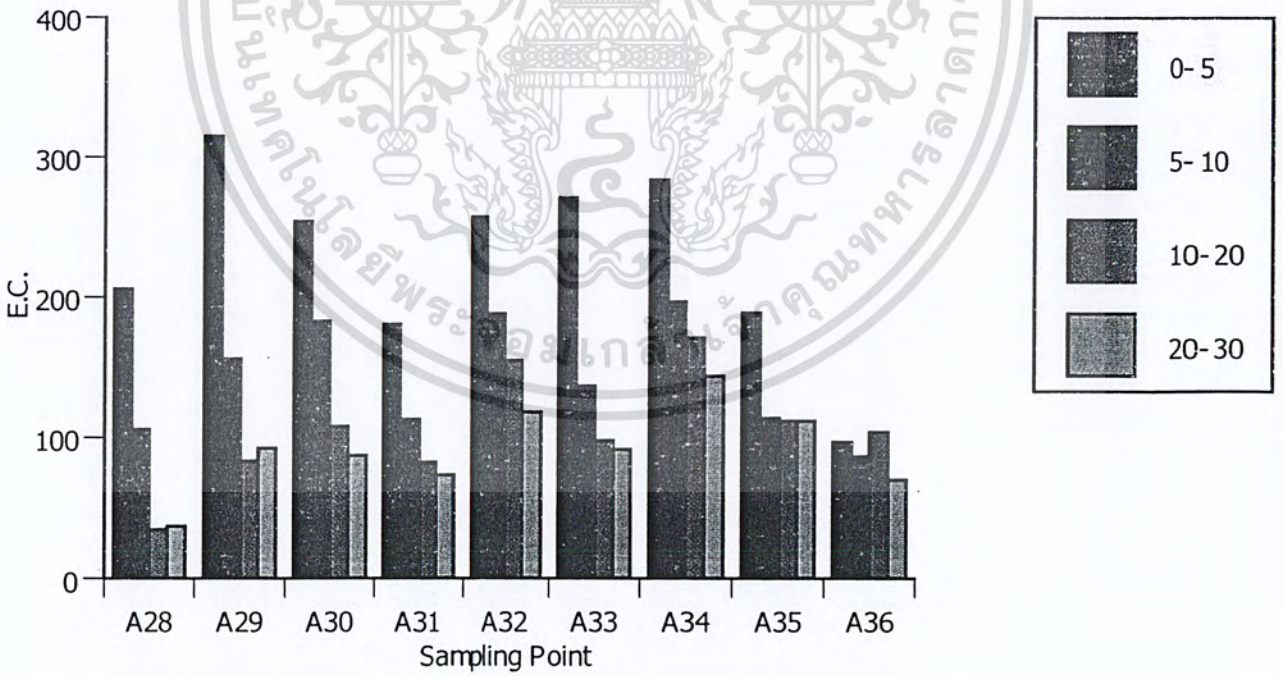


ภาพผนวกที่ 8 แสดงความผันแปรในแนวดิ่งของการนำไฟฟ้าของดิน (E.C.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



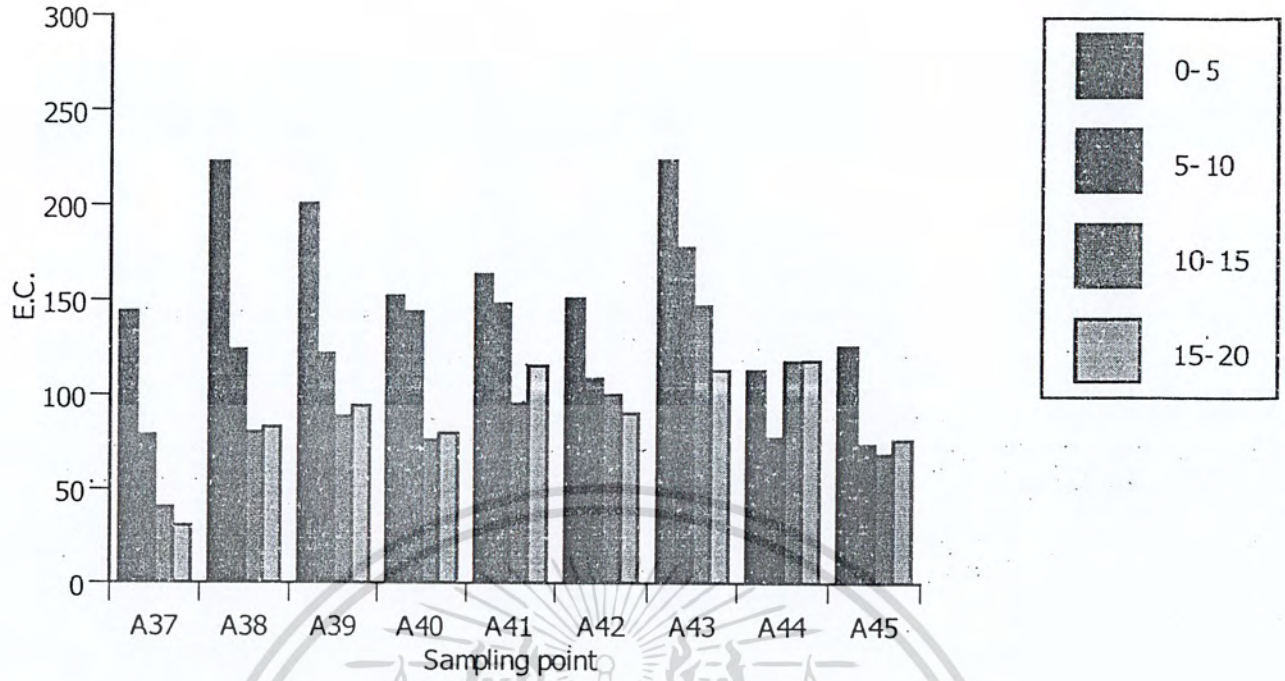
(Transect 3)



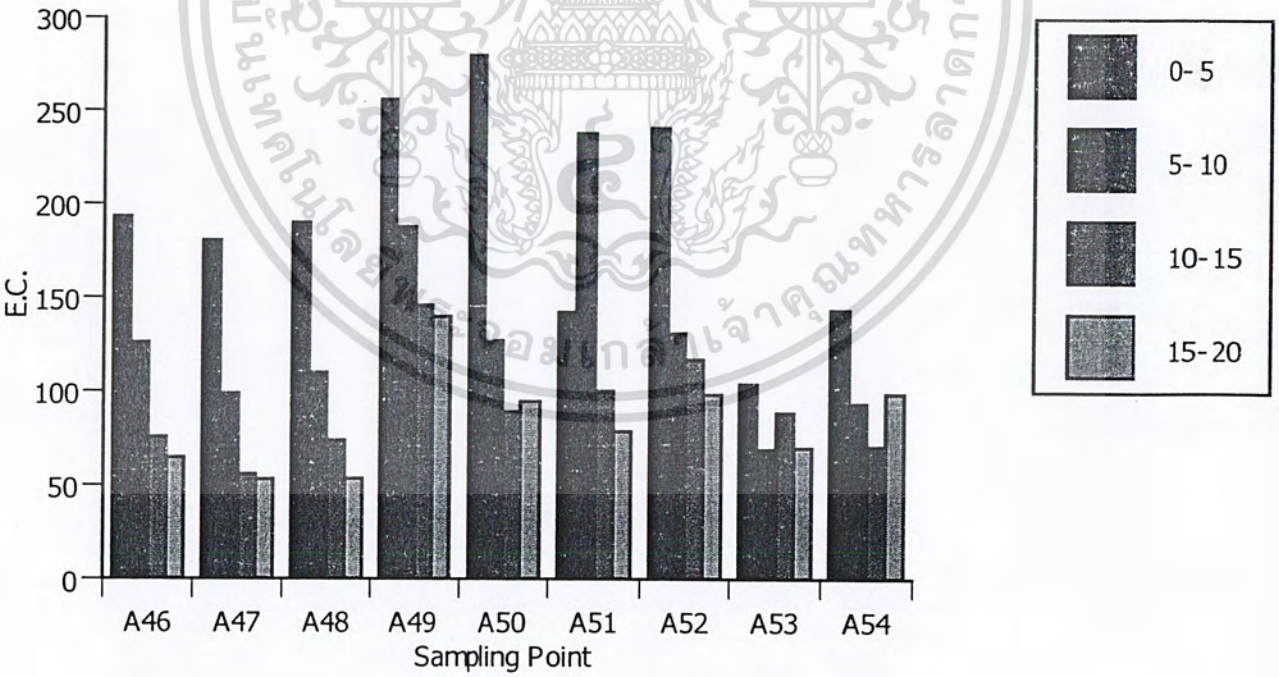
(Transect 4)

ภาพผนวกที่ 8 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



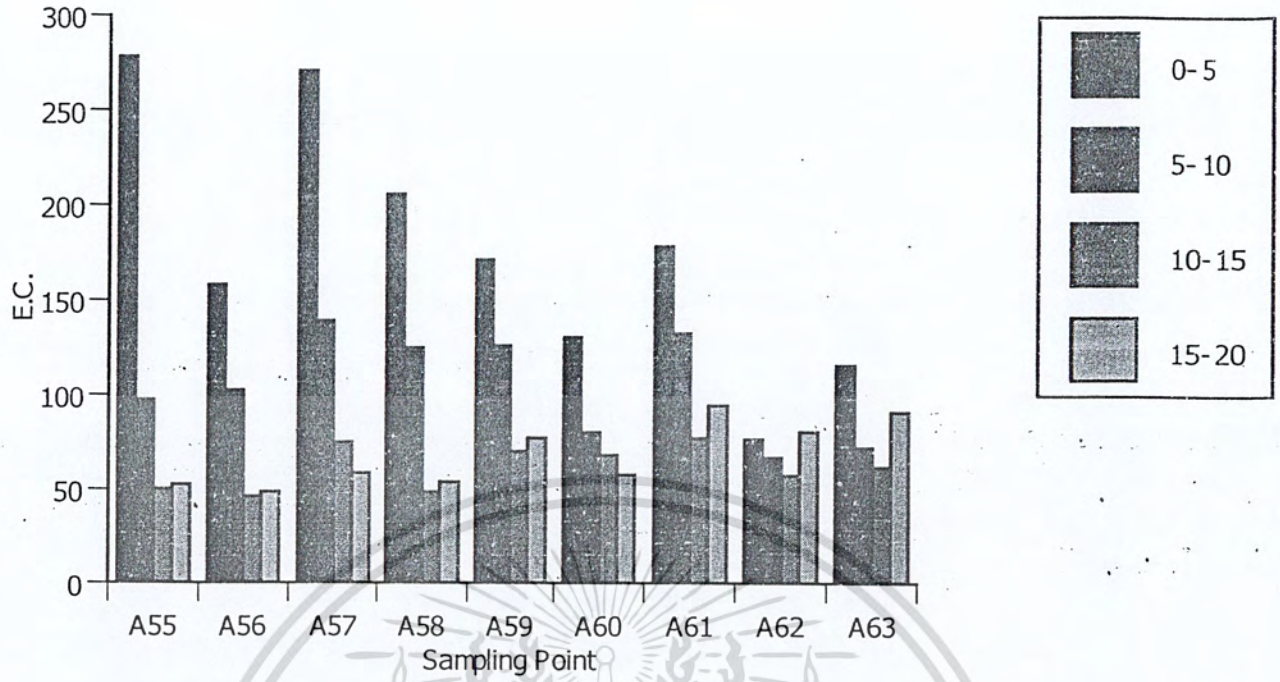
(Transcect 5)



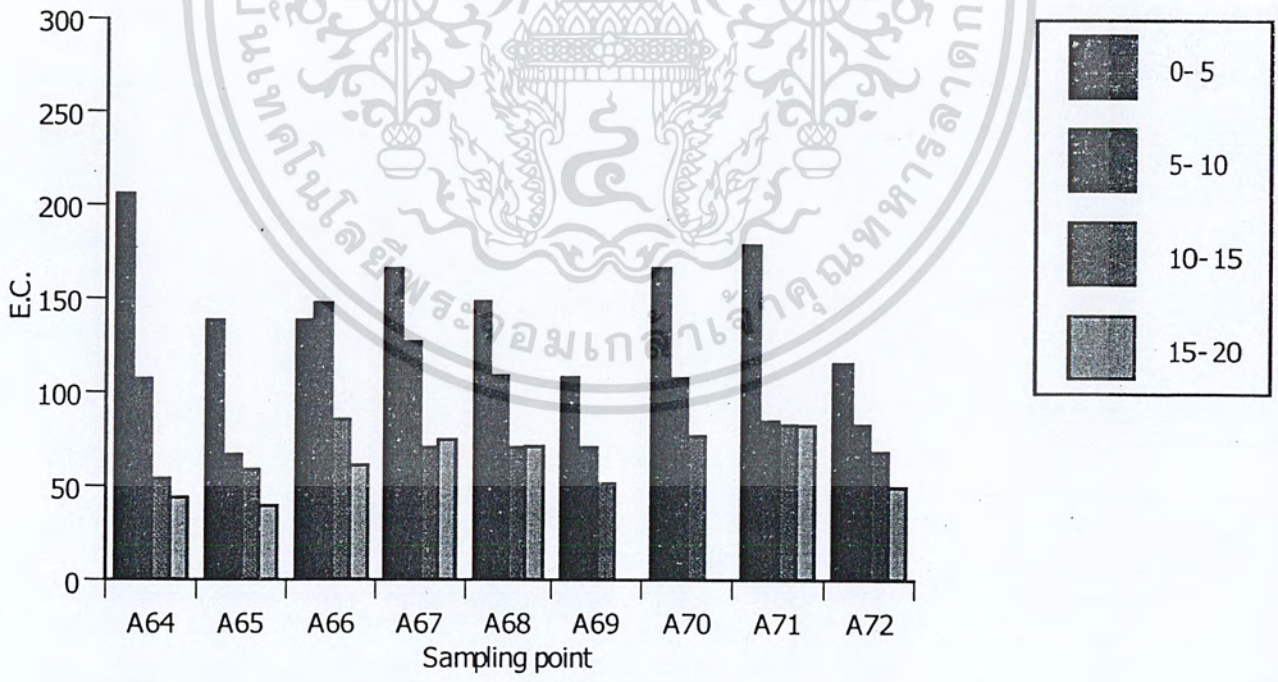
(Transcect 6)

ภาพผนวกที่ 8 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



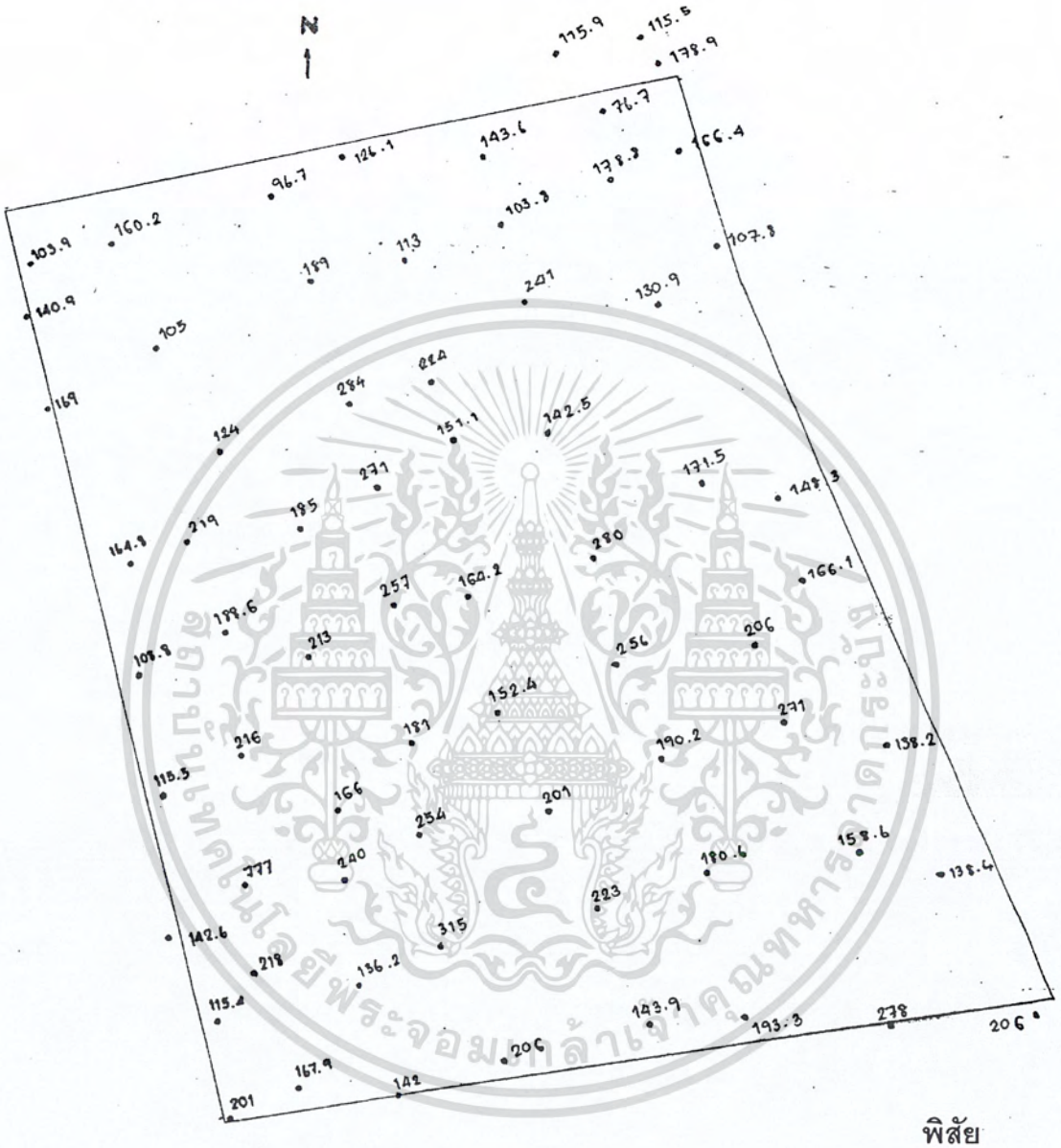
(Transcect 7)



(Transect 8)

ภาพผนวกที่ 8 (ต่อ)

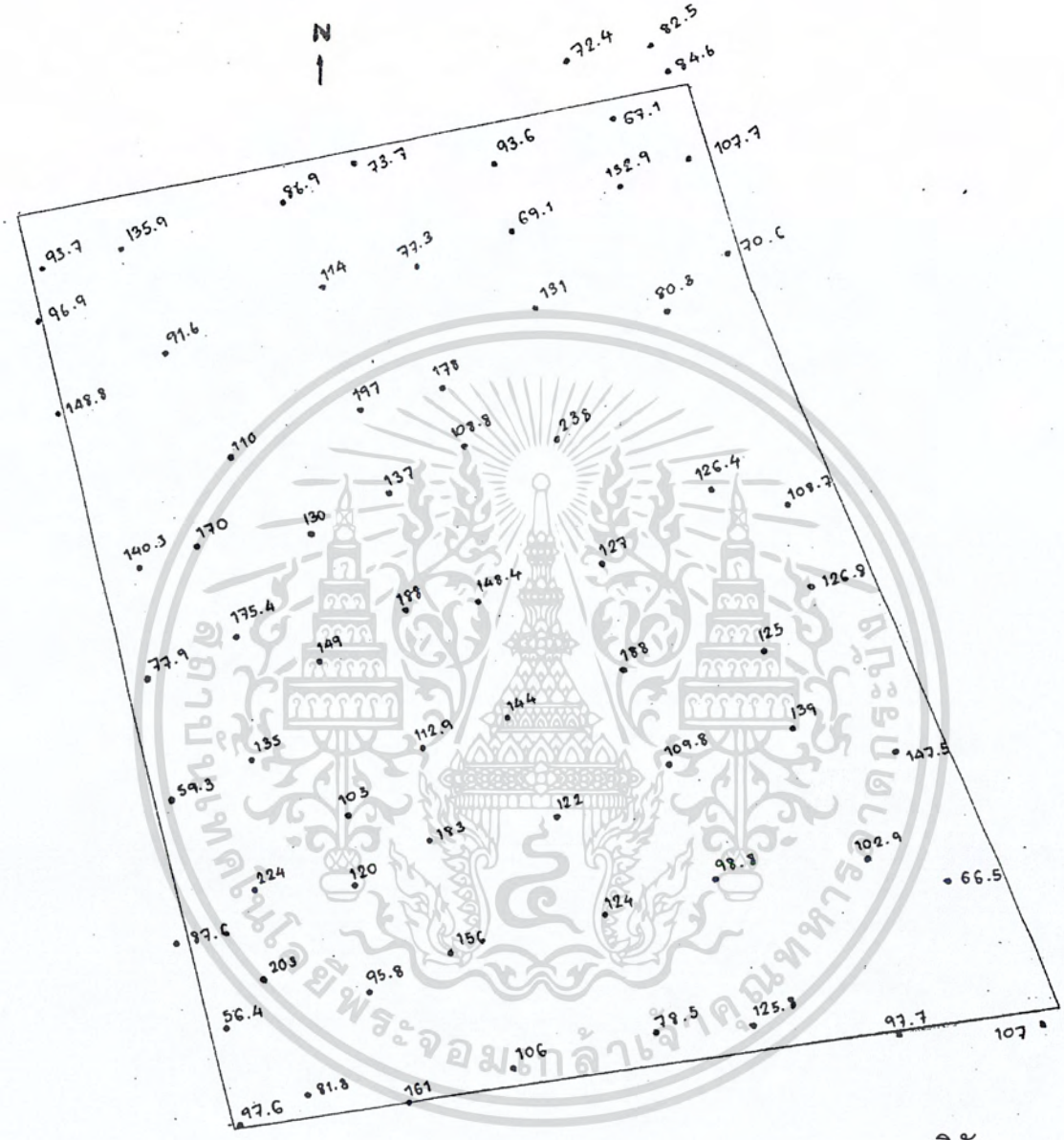
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



E.C. ที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร

ภาพผนวกที่ 9 ก แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ E.C. ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



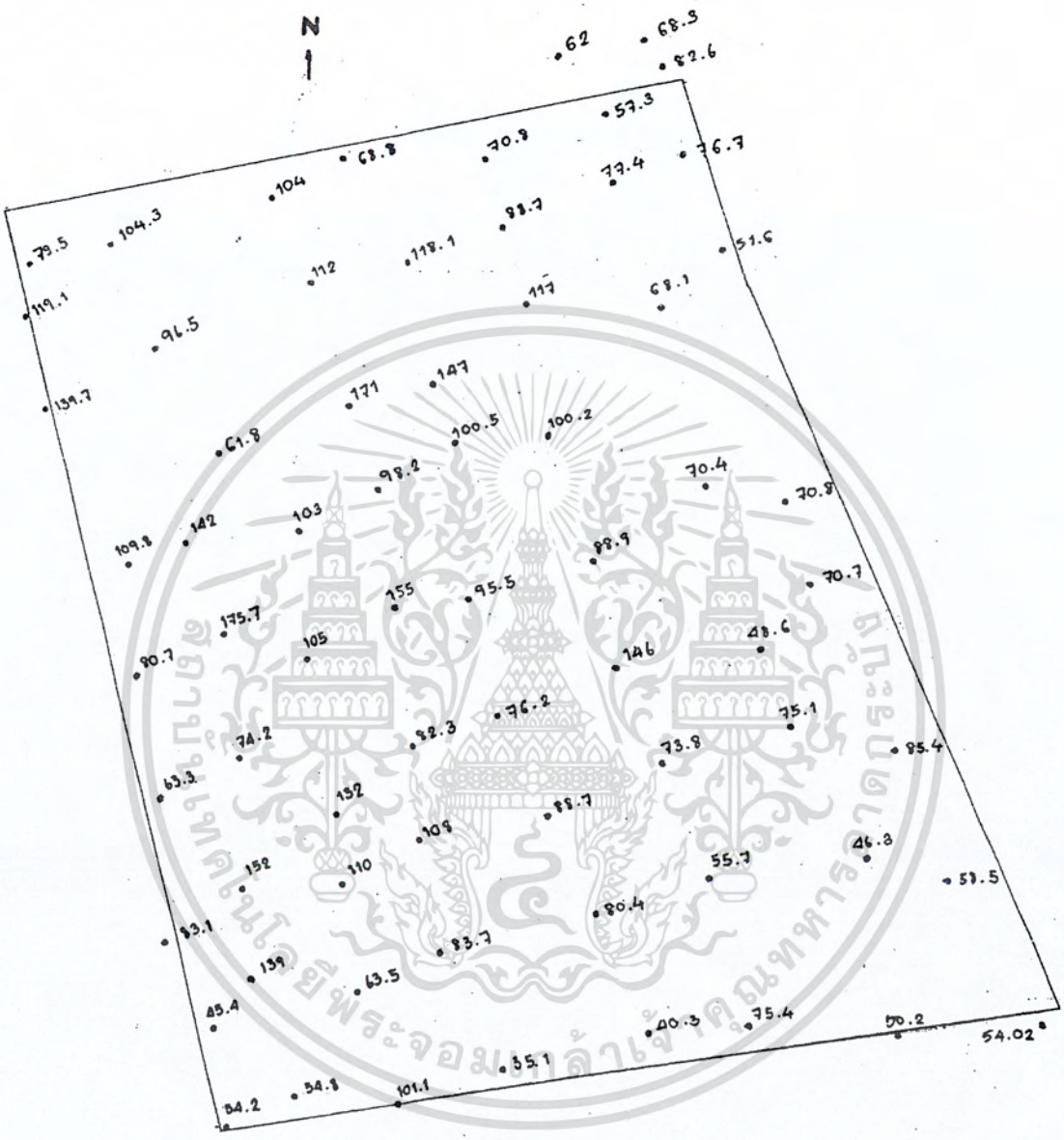
พิสัย

E.C. ที่ระดับความลึก 5-10 เซนติเมตร

<50	150-200
50-100	200-250
100-150	>250

ภาพผนวกที่ 9 ข แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ E.C. ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



E.C. ที่ระดับความลึก 10-20 เซนติเมตร

พิสัย	
<50	150-200
50-100	200-250
100-150	>250

ภาพผนวกที่ 9 ค แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ E.C.ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

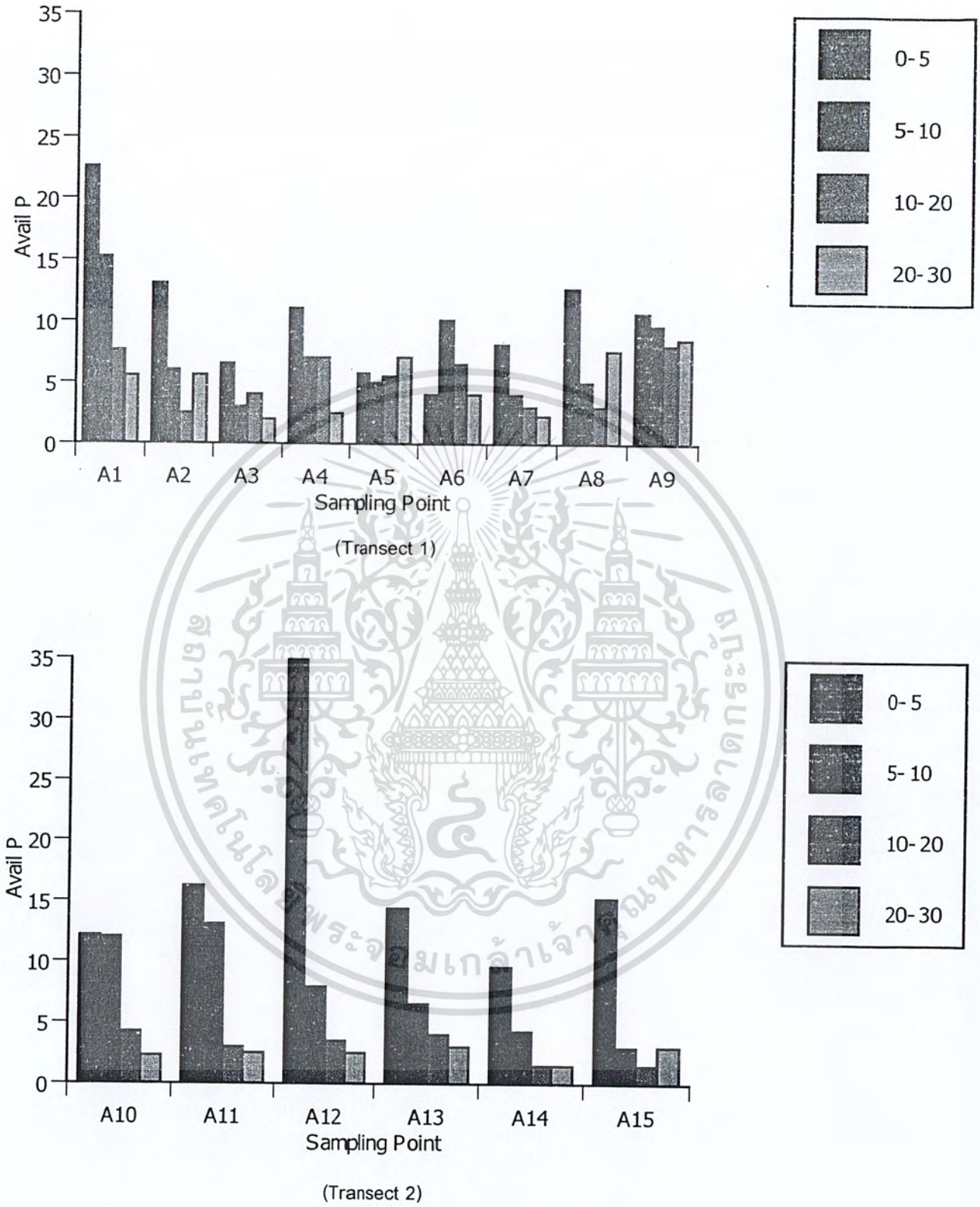
E.C. ที่ระดับความลึก 20-30 เซนติเมตร

พิสัย

<50	150-200
50-100	200-250
100-150	>250

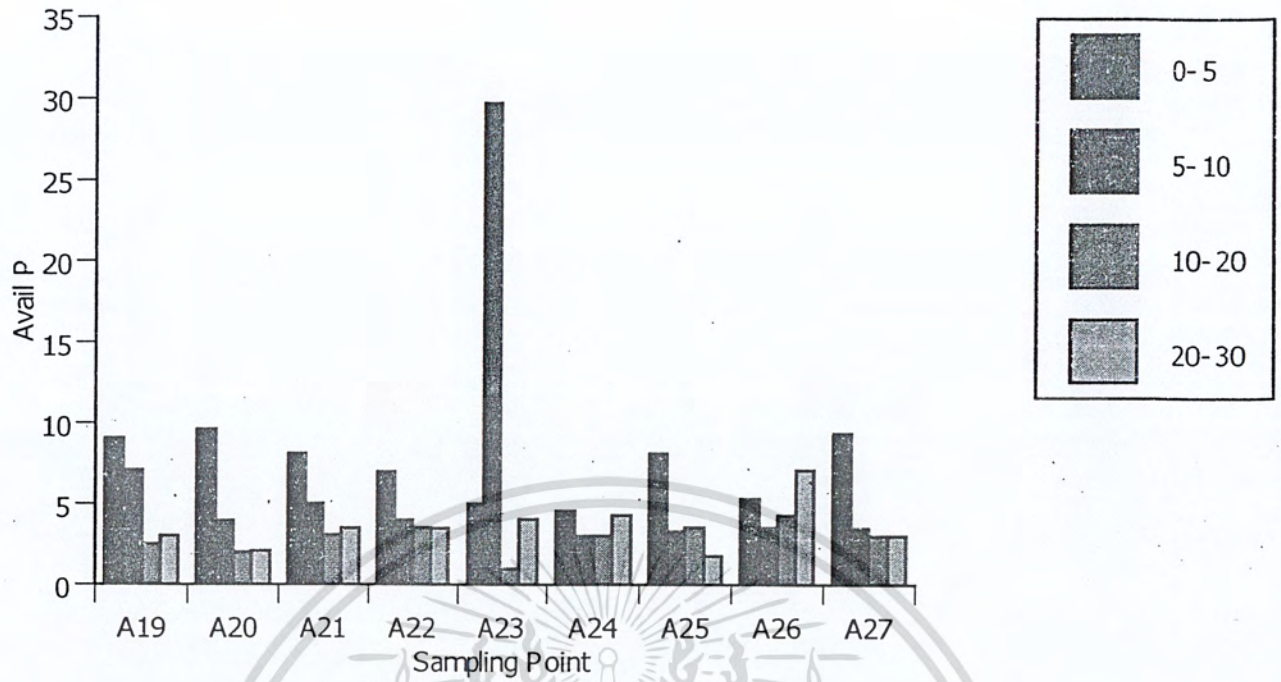
ภาพผนวกที่ 9 ง แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของ E.C. ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

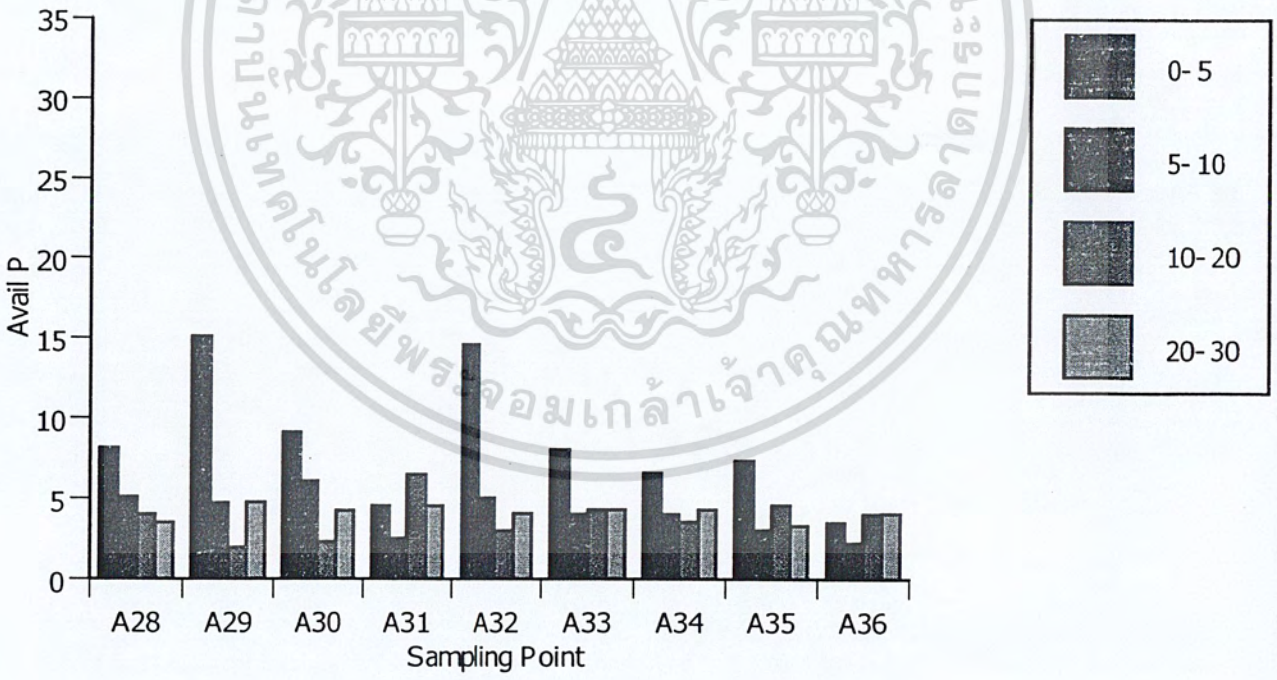


ภาพผนวกที่ 10 แสดงความผันแปรในแนวดิ่งของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



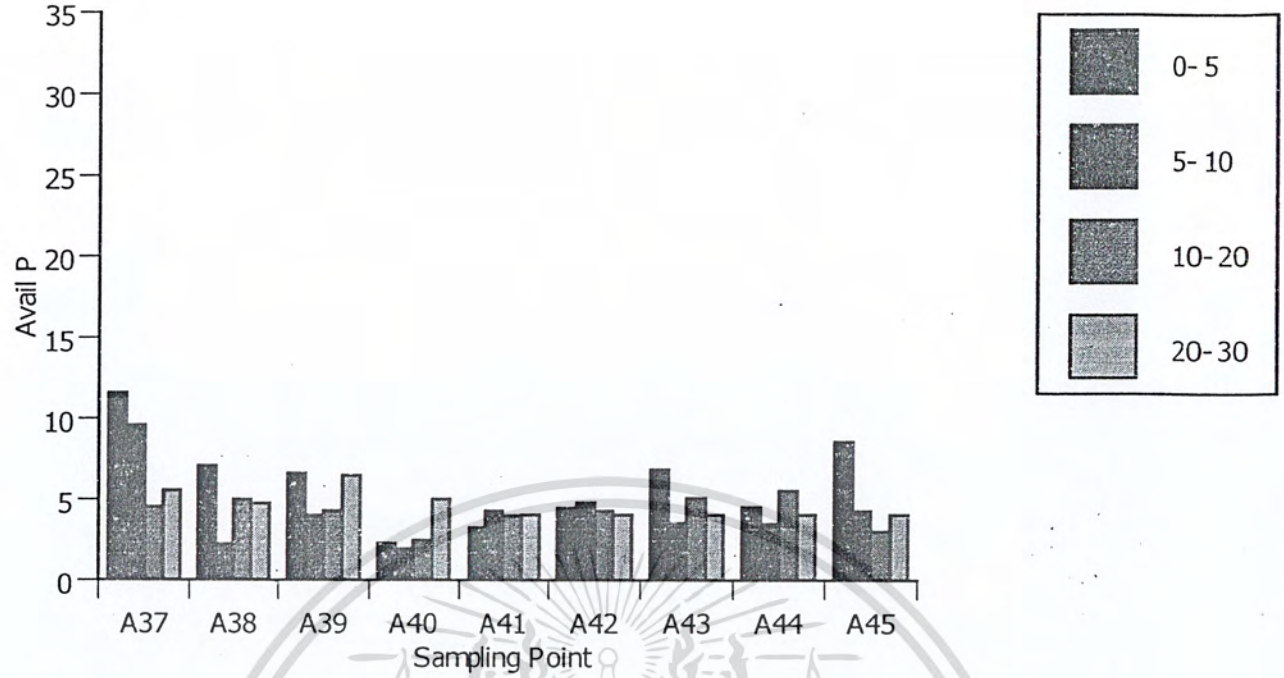
(Transcect 3)



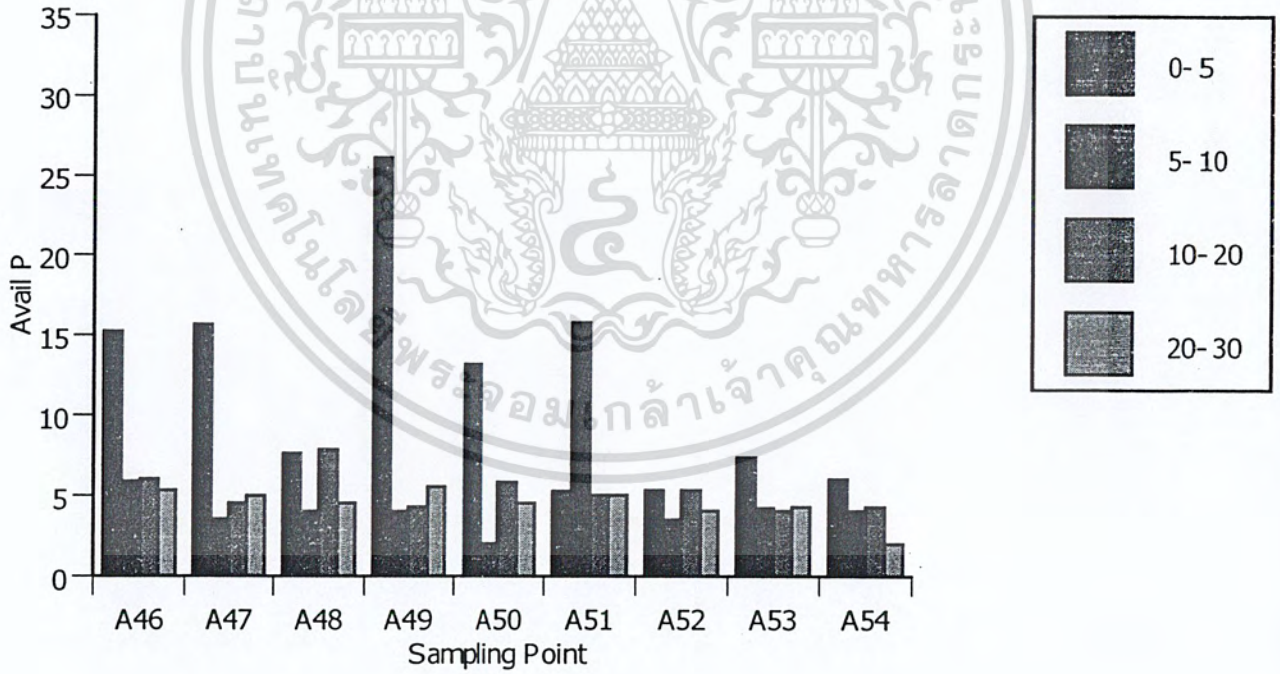
(Transcect 4)

ภาพผนวกที่ 10 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



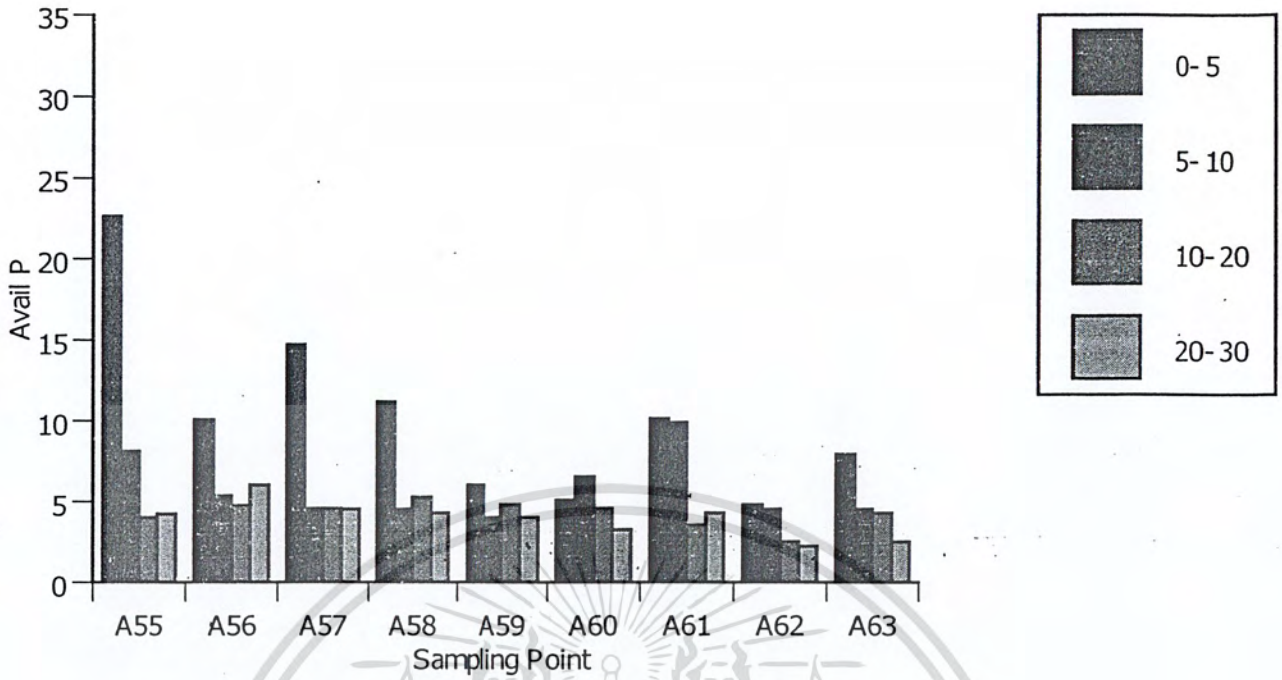
(Transect 5)



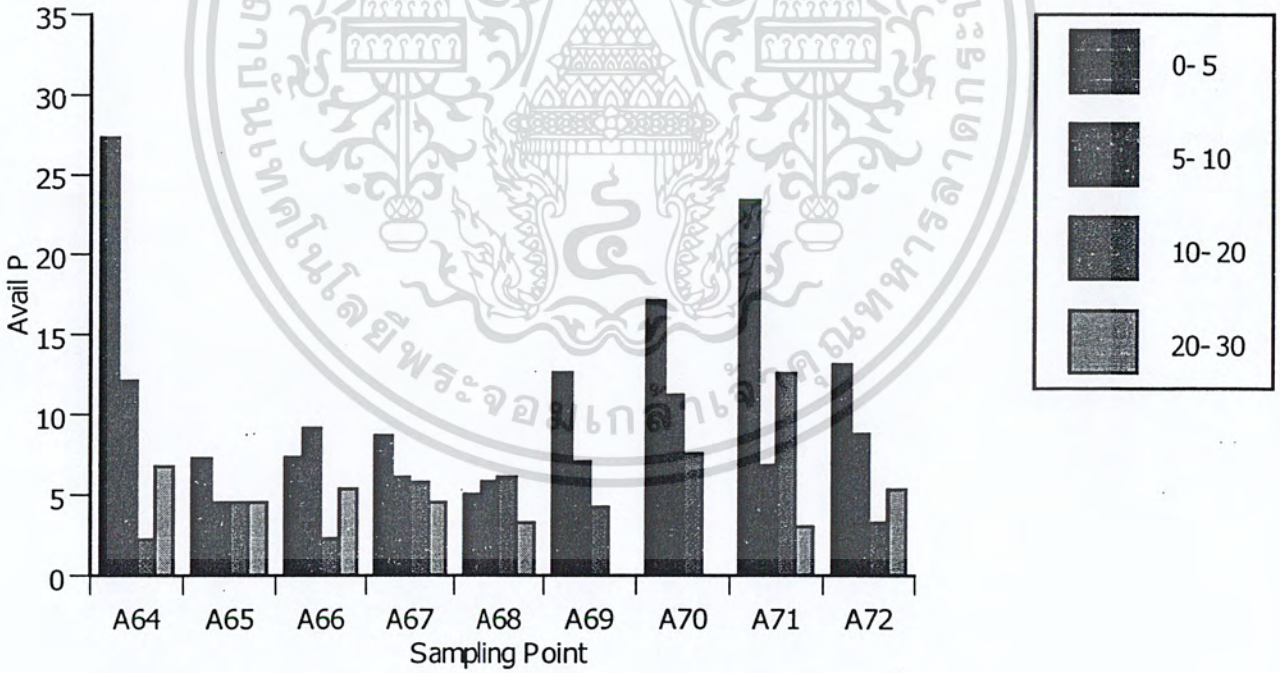
(Transect 6)

ภาพผนวกที่ 10 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



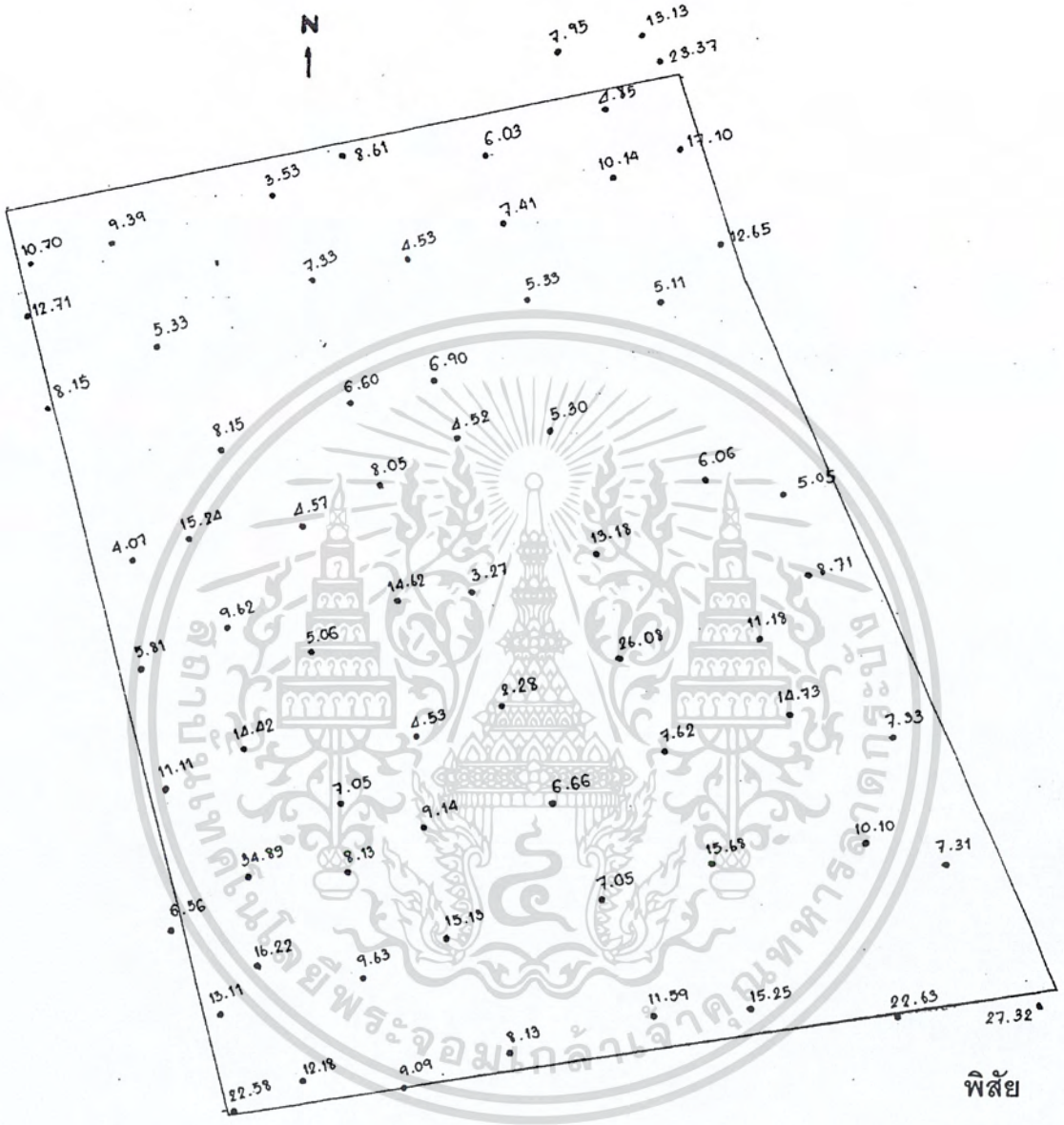
(Transect 7)



(Transect 8)

ภาพผนวกที่ 10 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

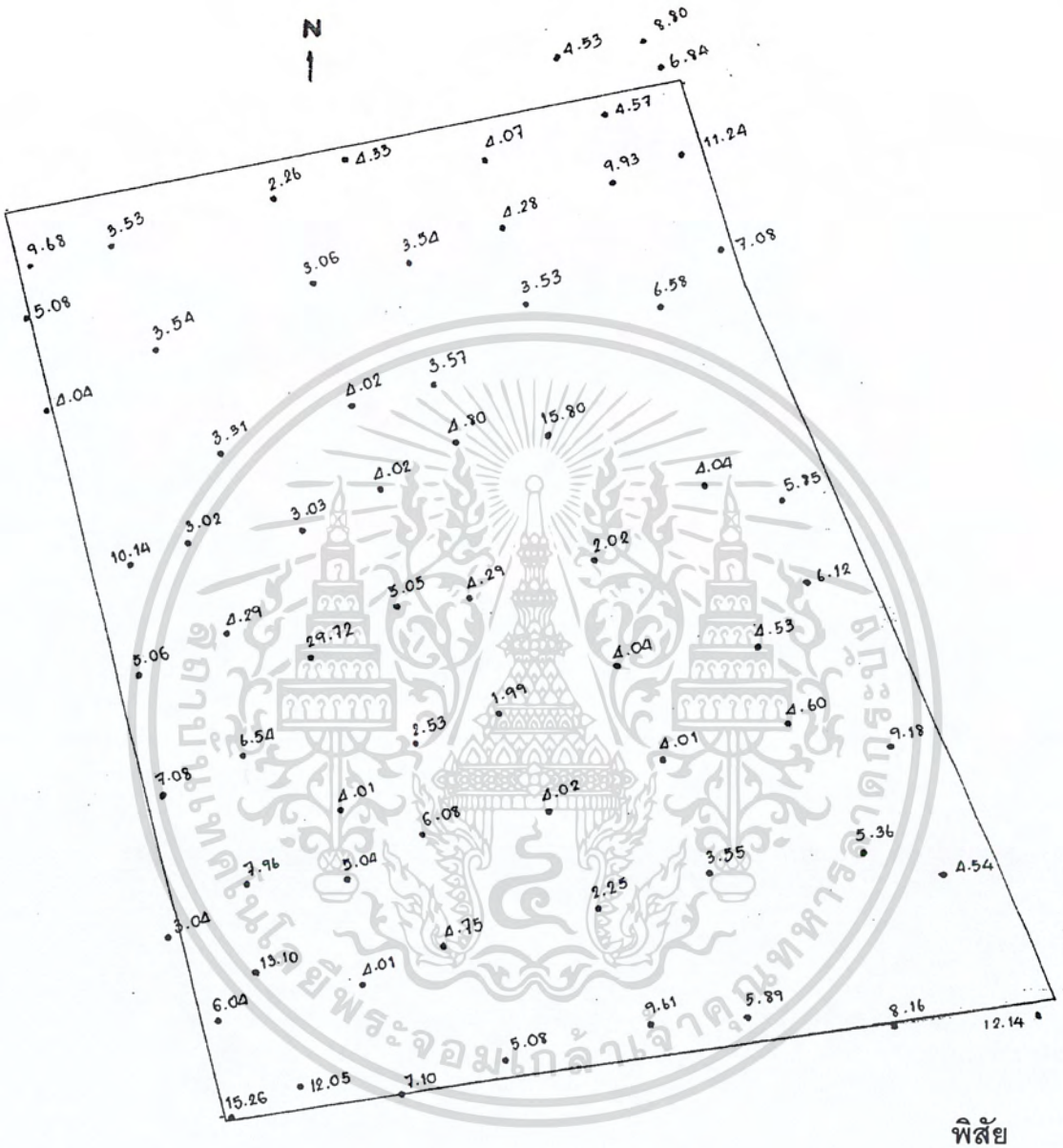


ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร

<4	30-60
4-15	>60
15-30	

ภาพผนวกที่ 11 ก แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



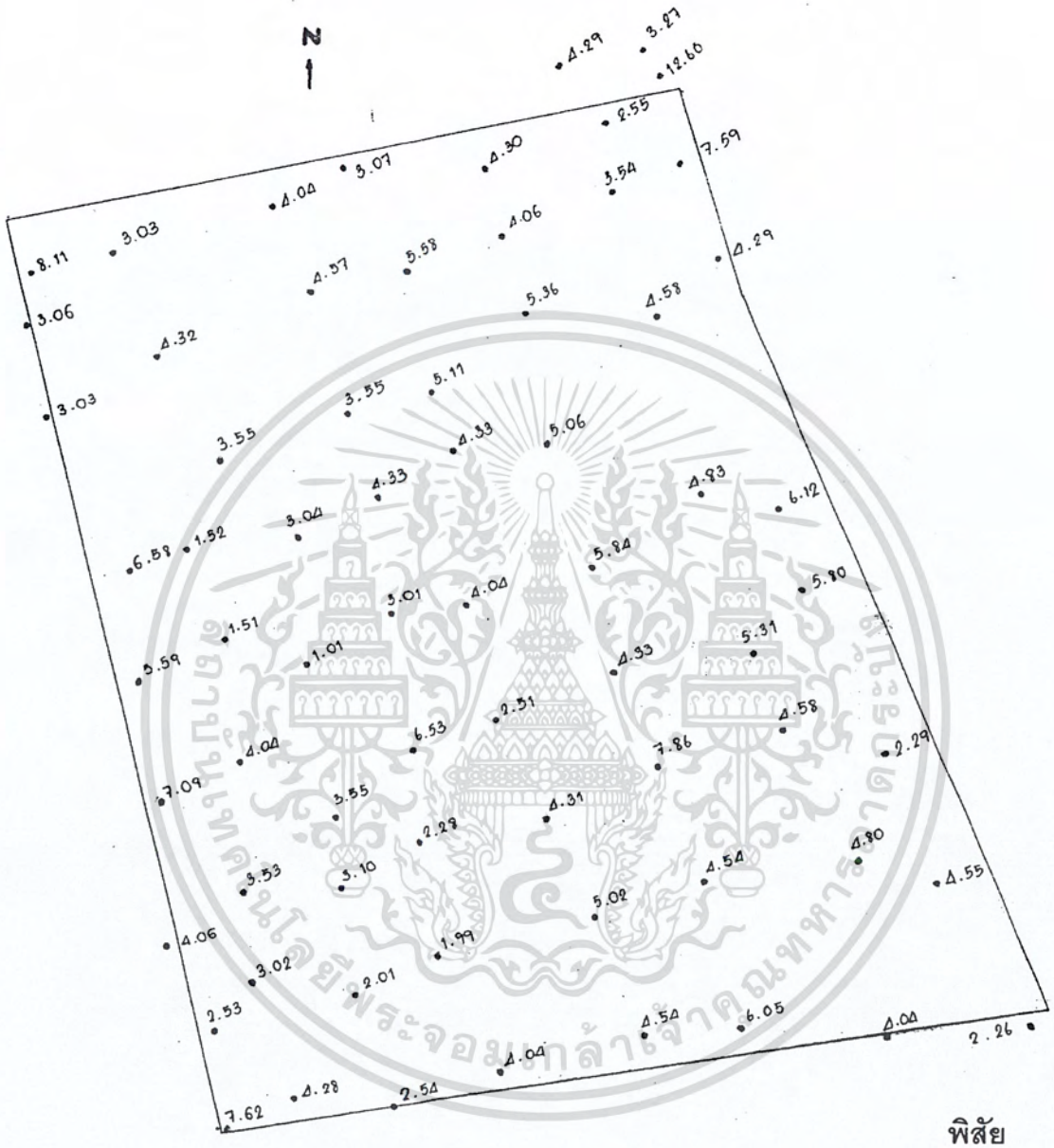
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ที่ระดับความลึก 5-10 เซนติเมตร

พิสัย

<4	30-60
4-15	>60
15-30	

ภาพผนวกที่ 11 ข แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



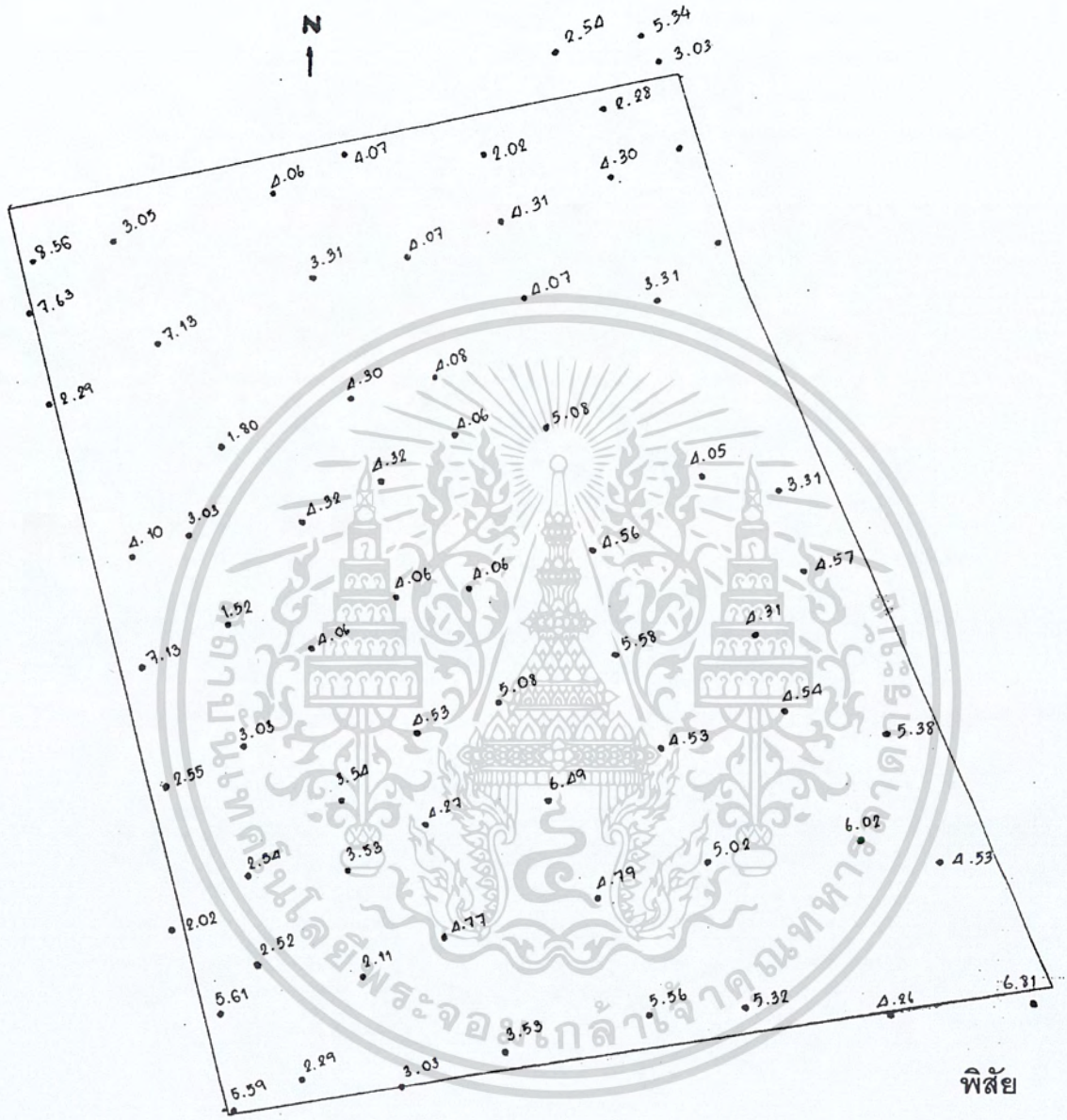
พิสัย

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ที่ระดับความลึก 10-20 เซนติเมตร

<4	30-60
4-15	>60
15-30	

ภาพผนวกที่ 11 ค แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร

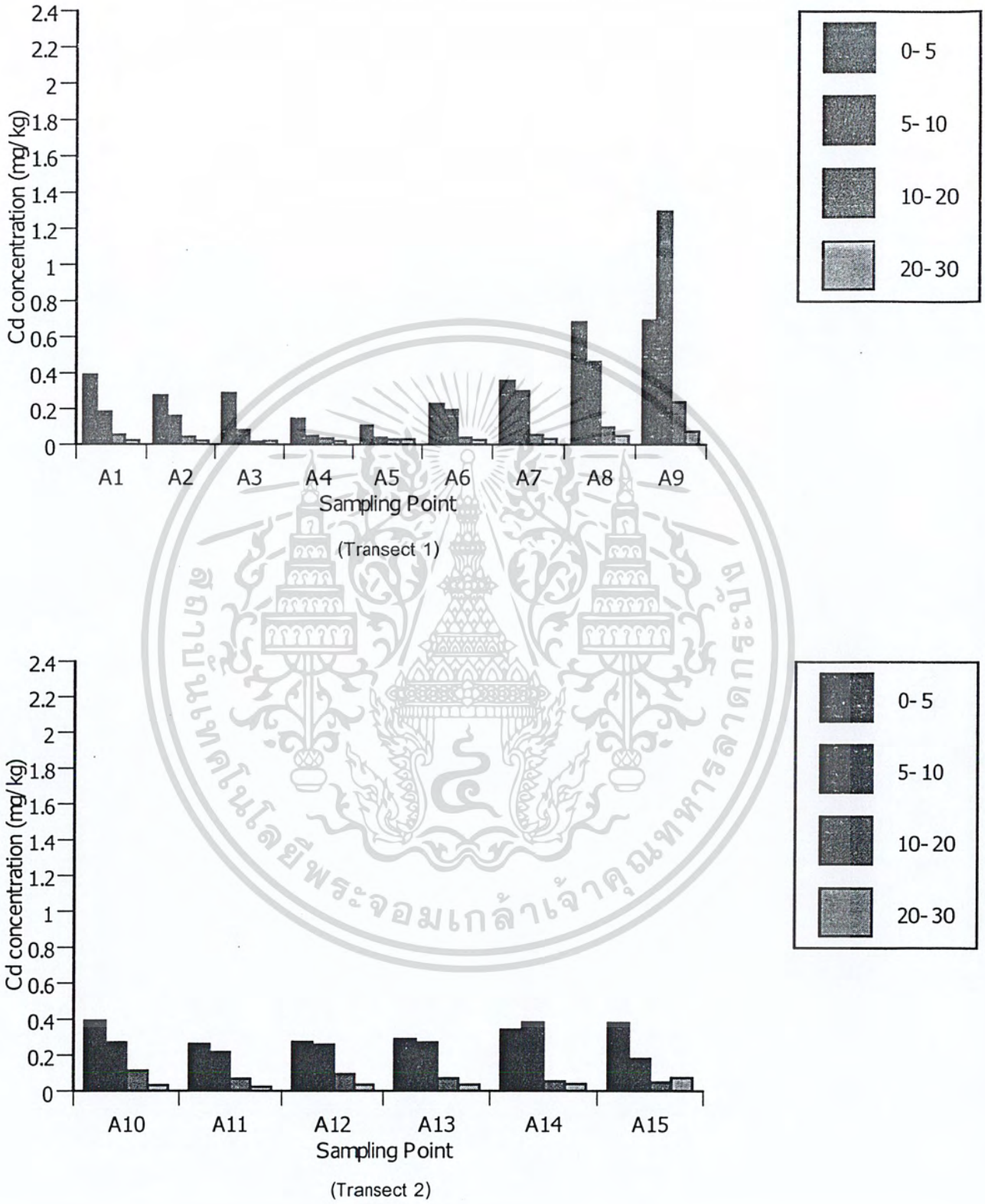
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ที่ระดับความลึก 20-30 เซนติเมตร

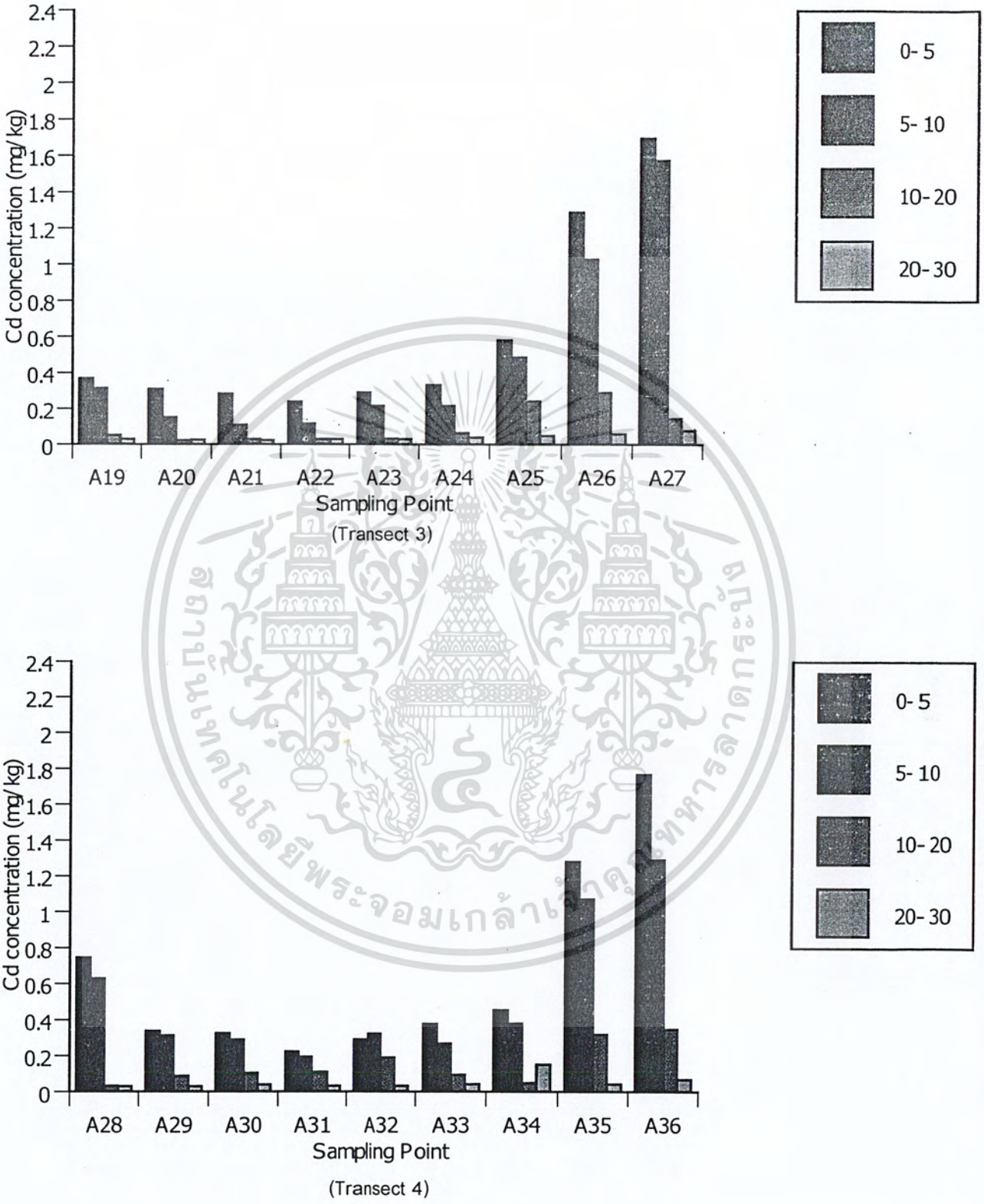
ภาพผนวกที่ 11 ง แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



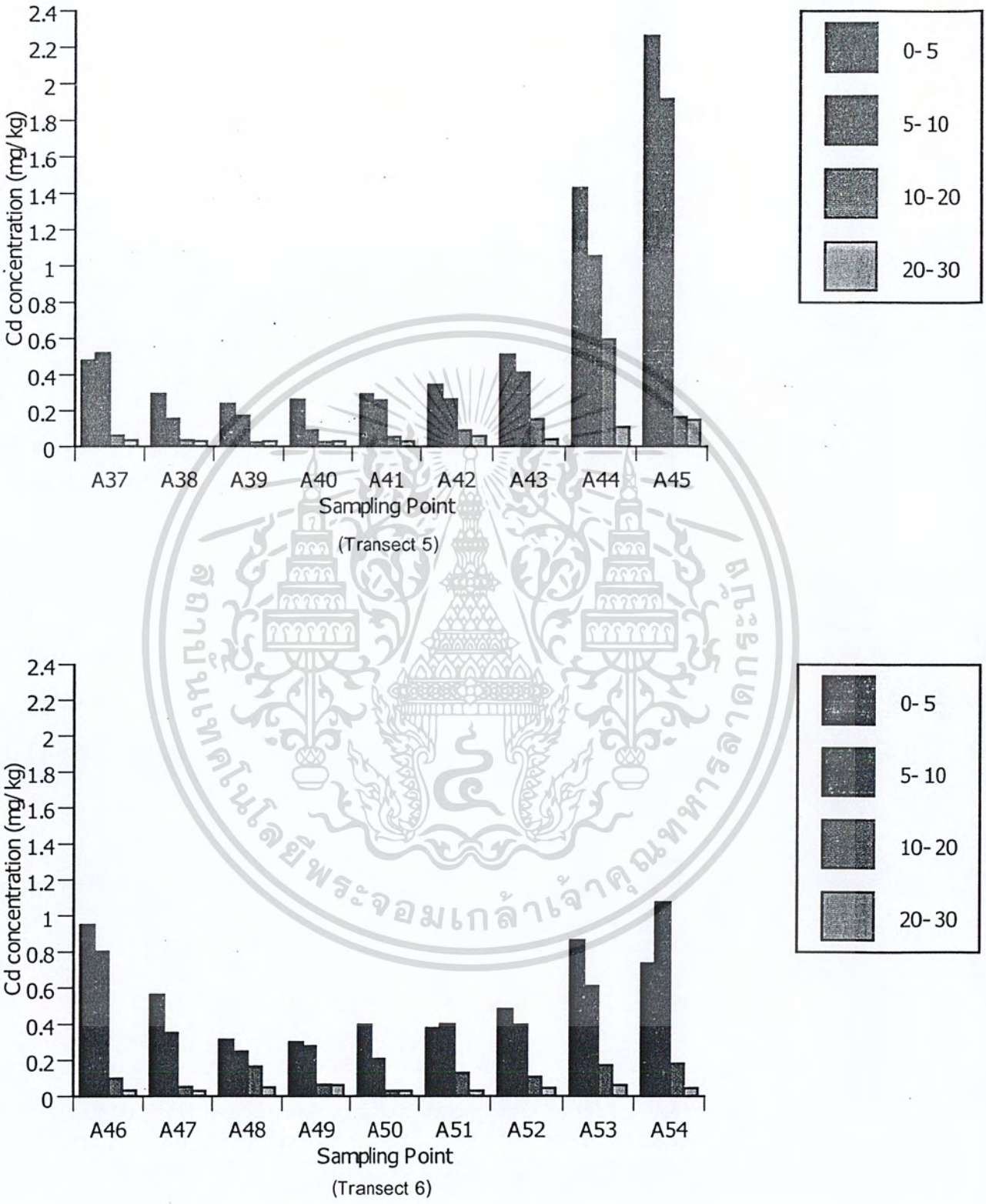
ภาพผนวกที่ 12 แสดงความผันแปรในแนวดิ่งของแคดเมียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



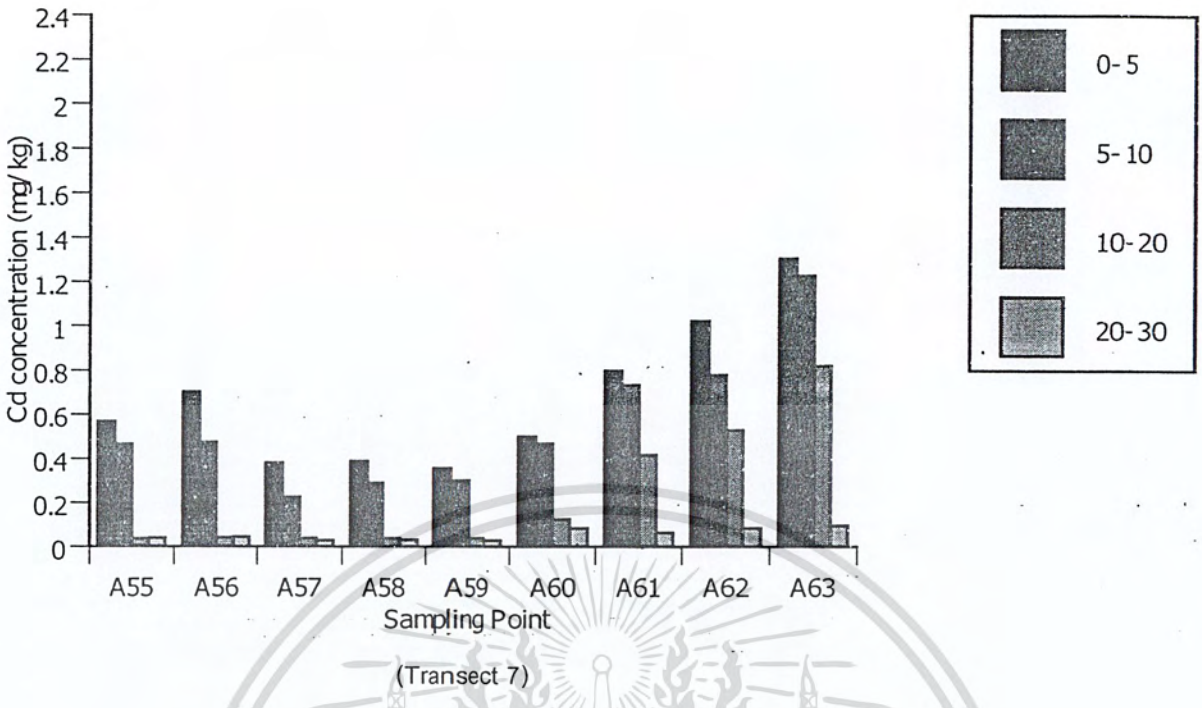
ภาพผนวกที่ 12 (ต่อ)

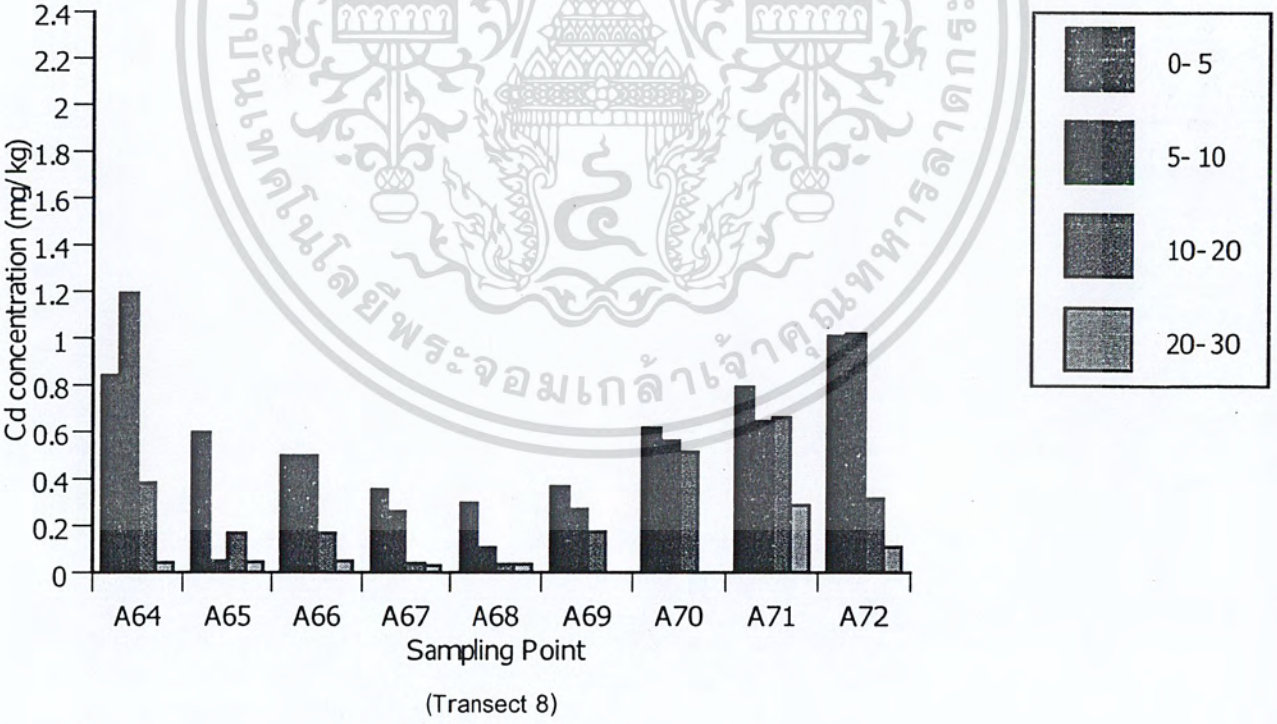
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 12 (ต่อ)

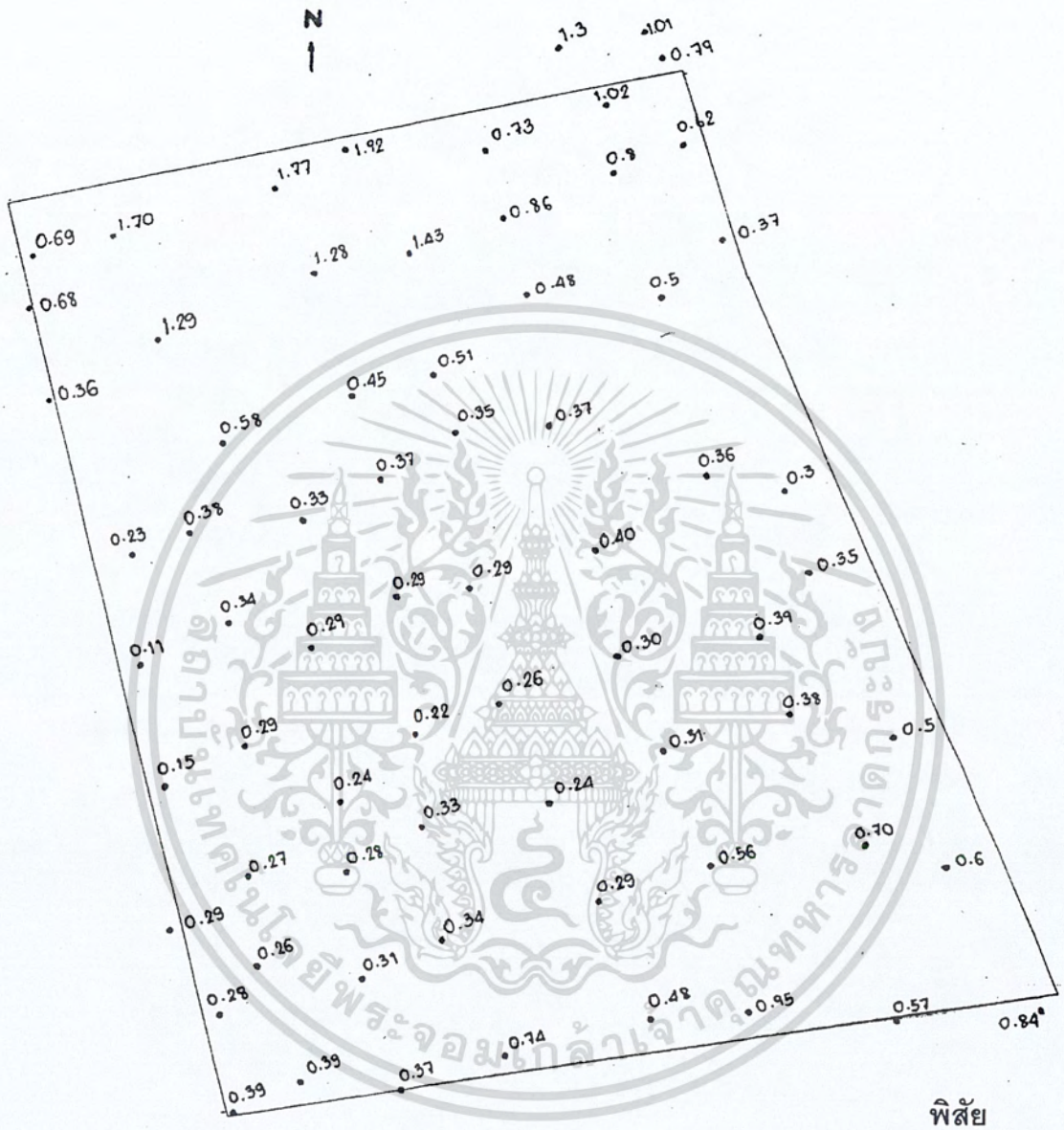
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





ภาพผนวกที่ 12 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



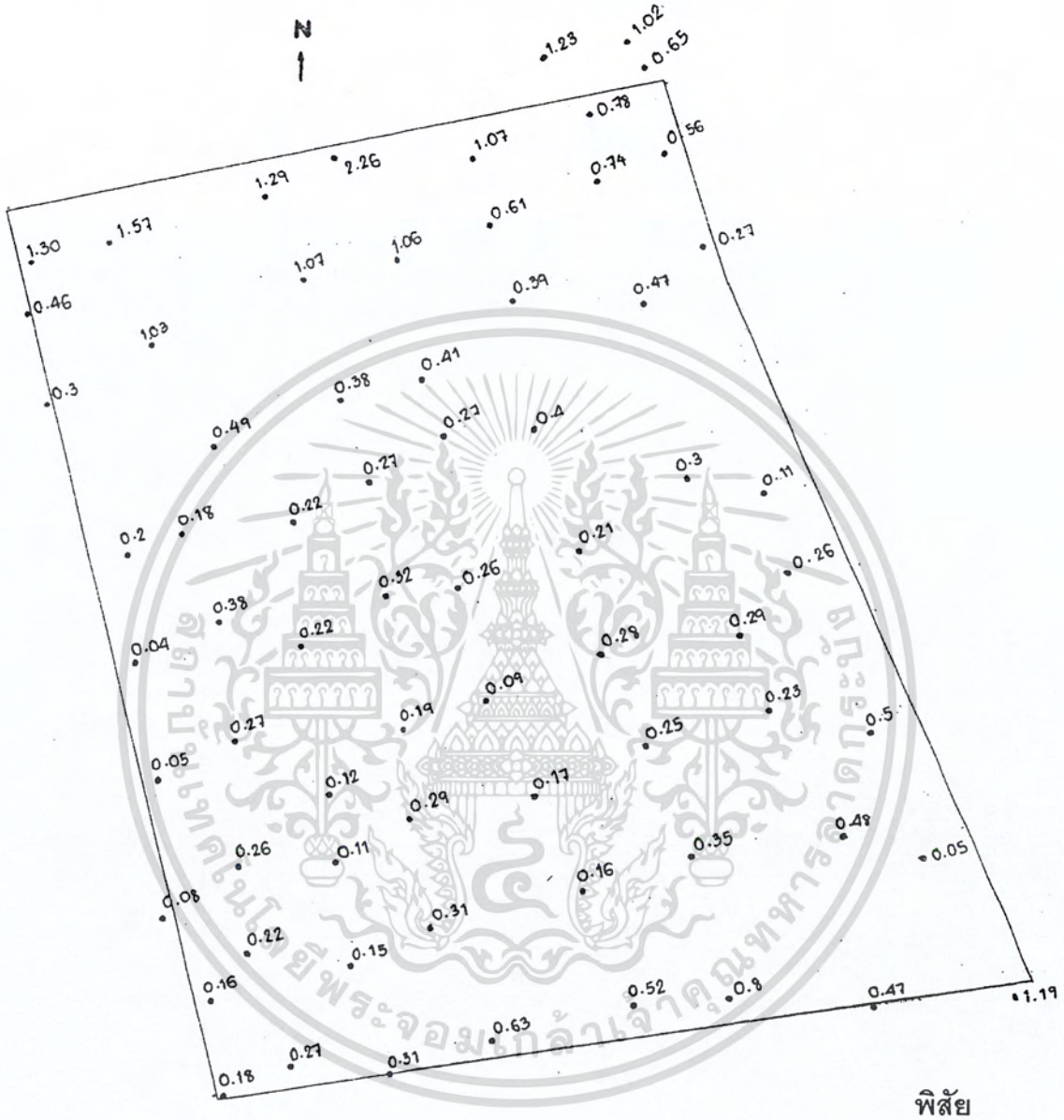
Cd ที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร

พิสัย

0.01-0.03	0.3-0.5
0.03-0.05	0.5-1
0.05-0.1	1-1.5
0.1-0.3	> 1.5

ภาพผนวกที่ 13 ก แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของแคดเมียมที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



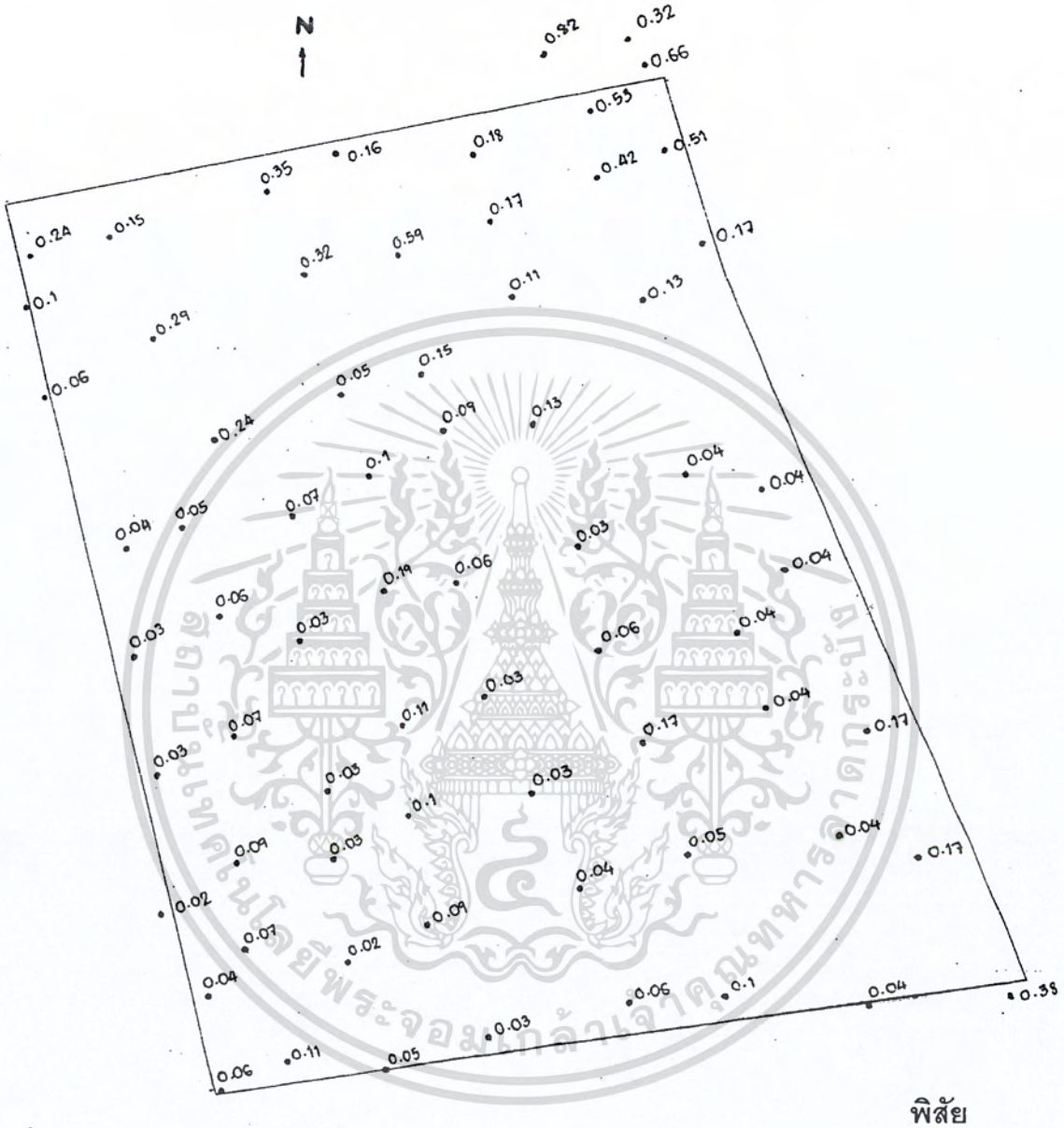
พิสัย

Cd ที่ระดับความลึก 5-10 เซนติเมตร

0.01-0.03	0.3-0.5
0.03-0.05	0.5-1
0.05-0.1	1-1.5
0.1-0.3	> 1.5

ภาพผนวกที่ 13 ข แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของแคดเมียมที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



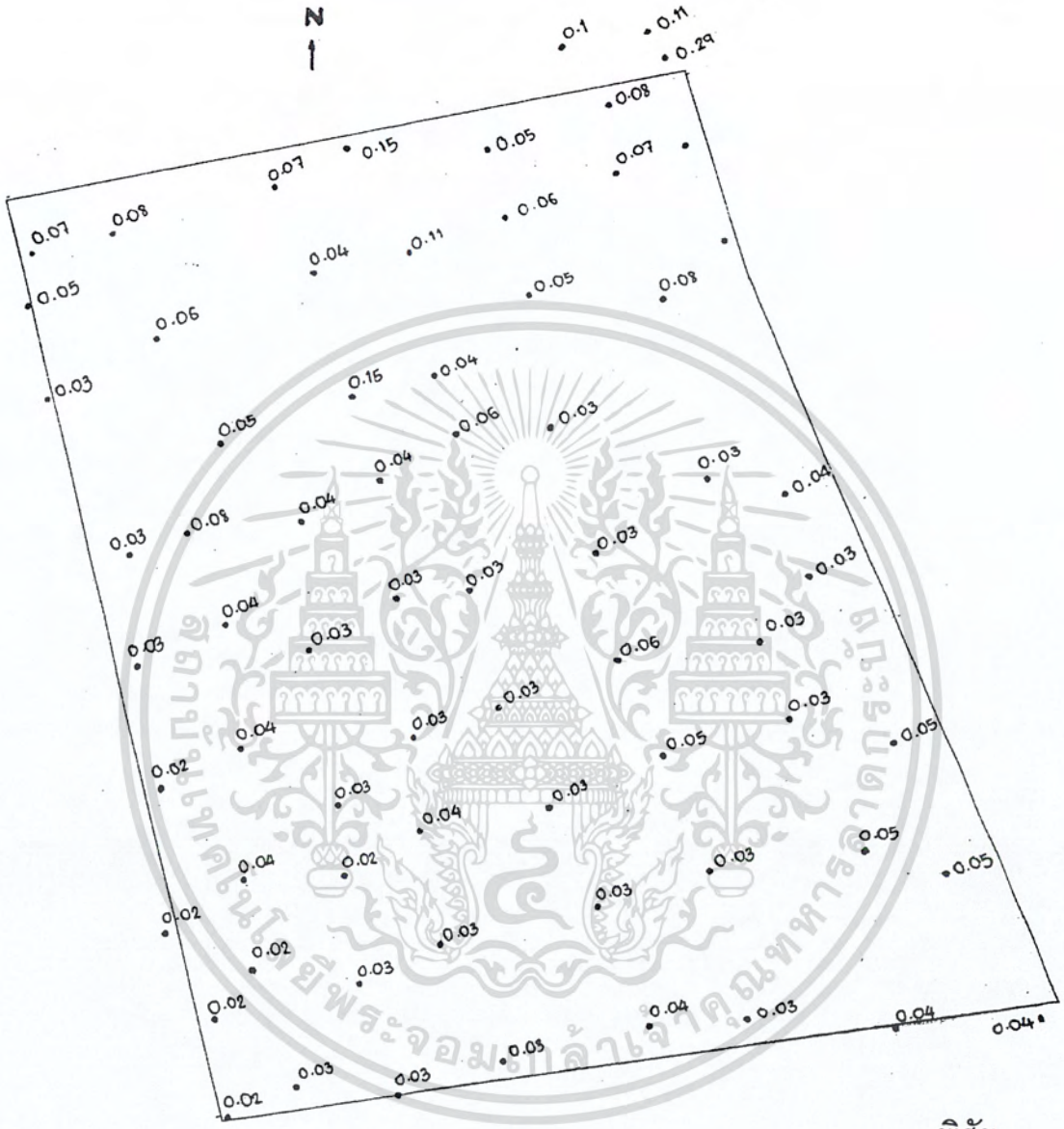
Cd ที่ระดับความลึก 10-20 เซนติเมตร

พิสัย

0.01-0.03	0.3-0.5
0.03-0.05	0.5-1
0.05-0.1	1-1.5
0.1-0.3	> 1.5

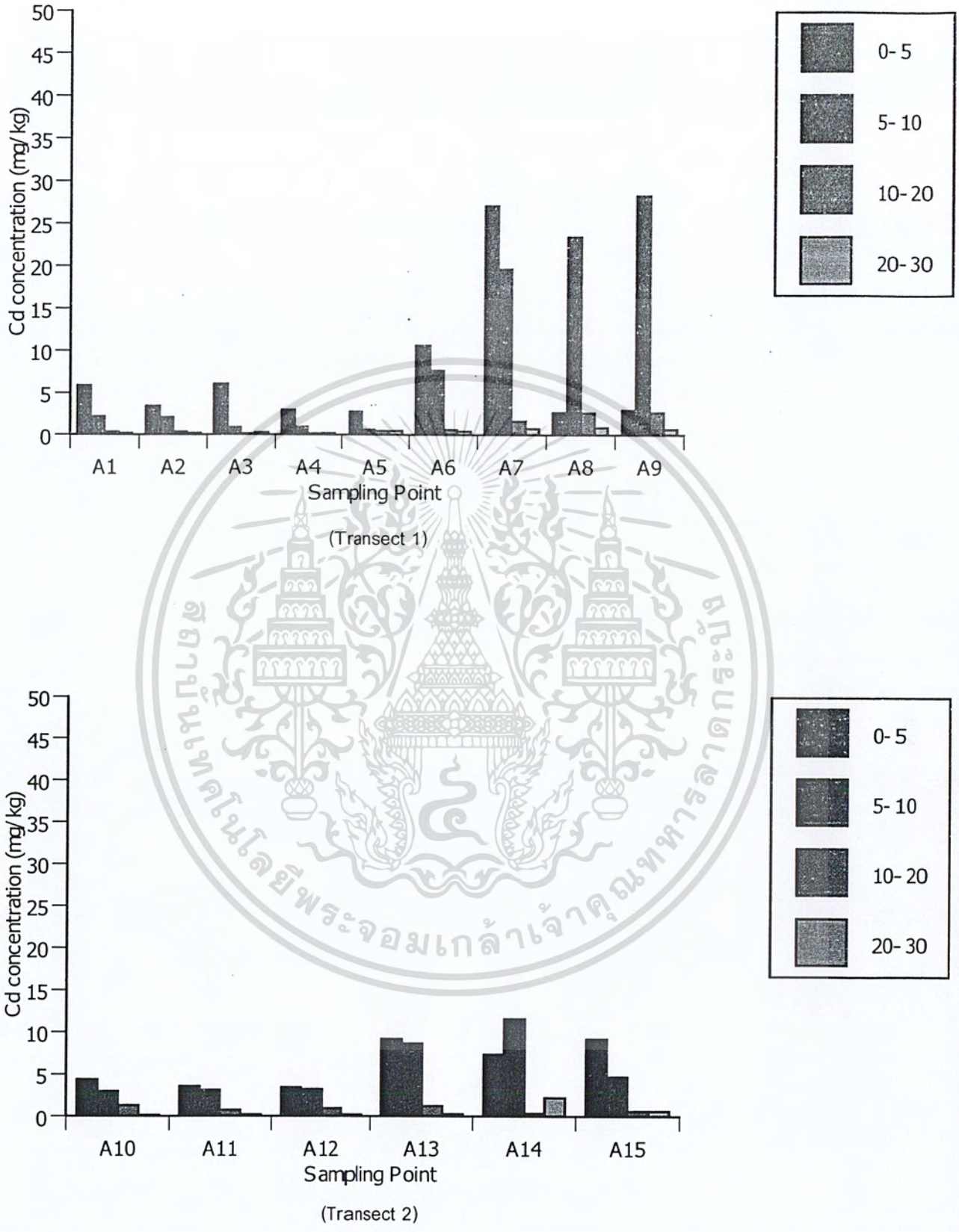
ภาพผนวกที่ 13 ค แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของแคดเมียมที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



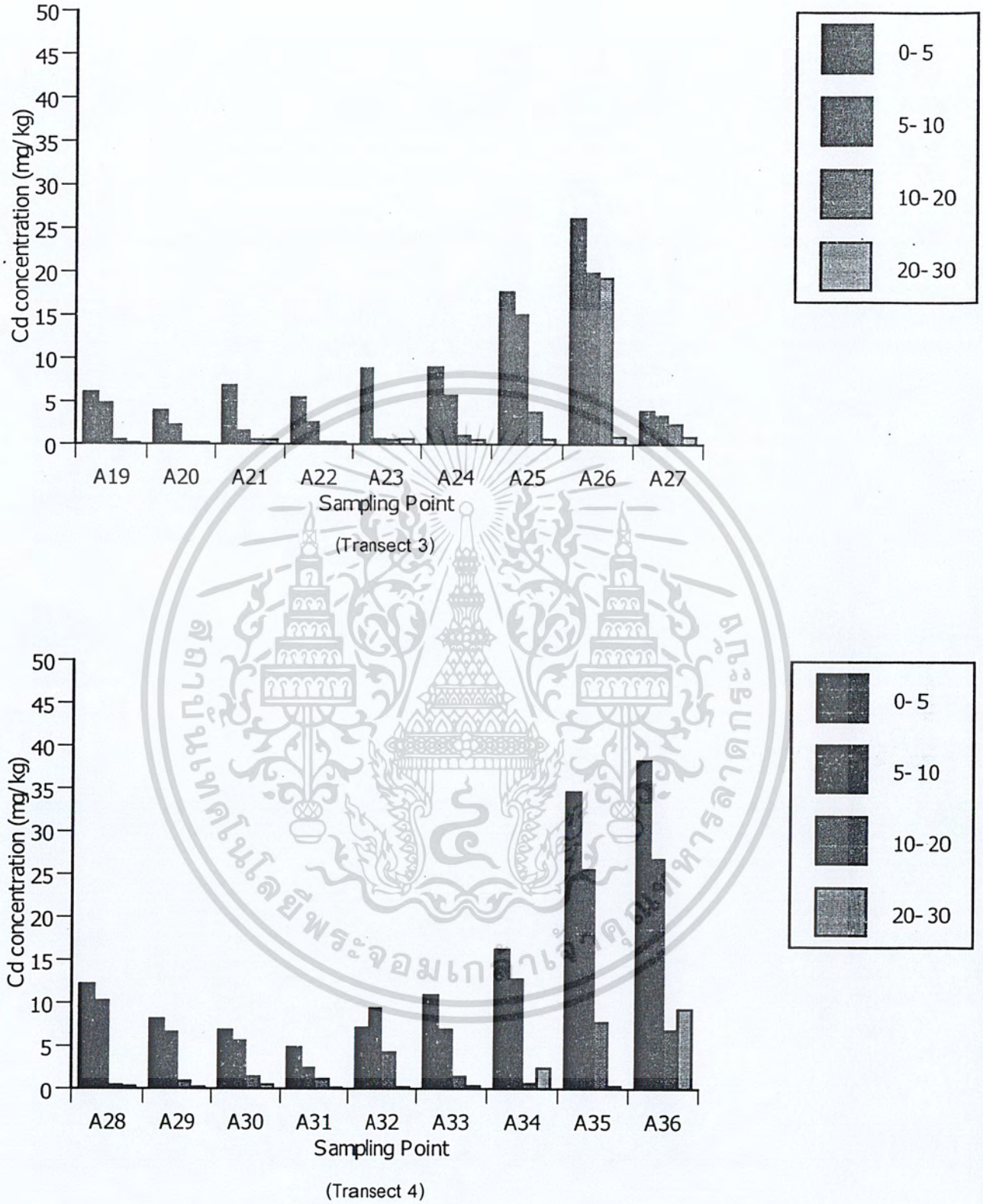
ภาพผนวกที่ 13 ง แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของแคดเมียมที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



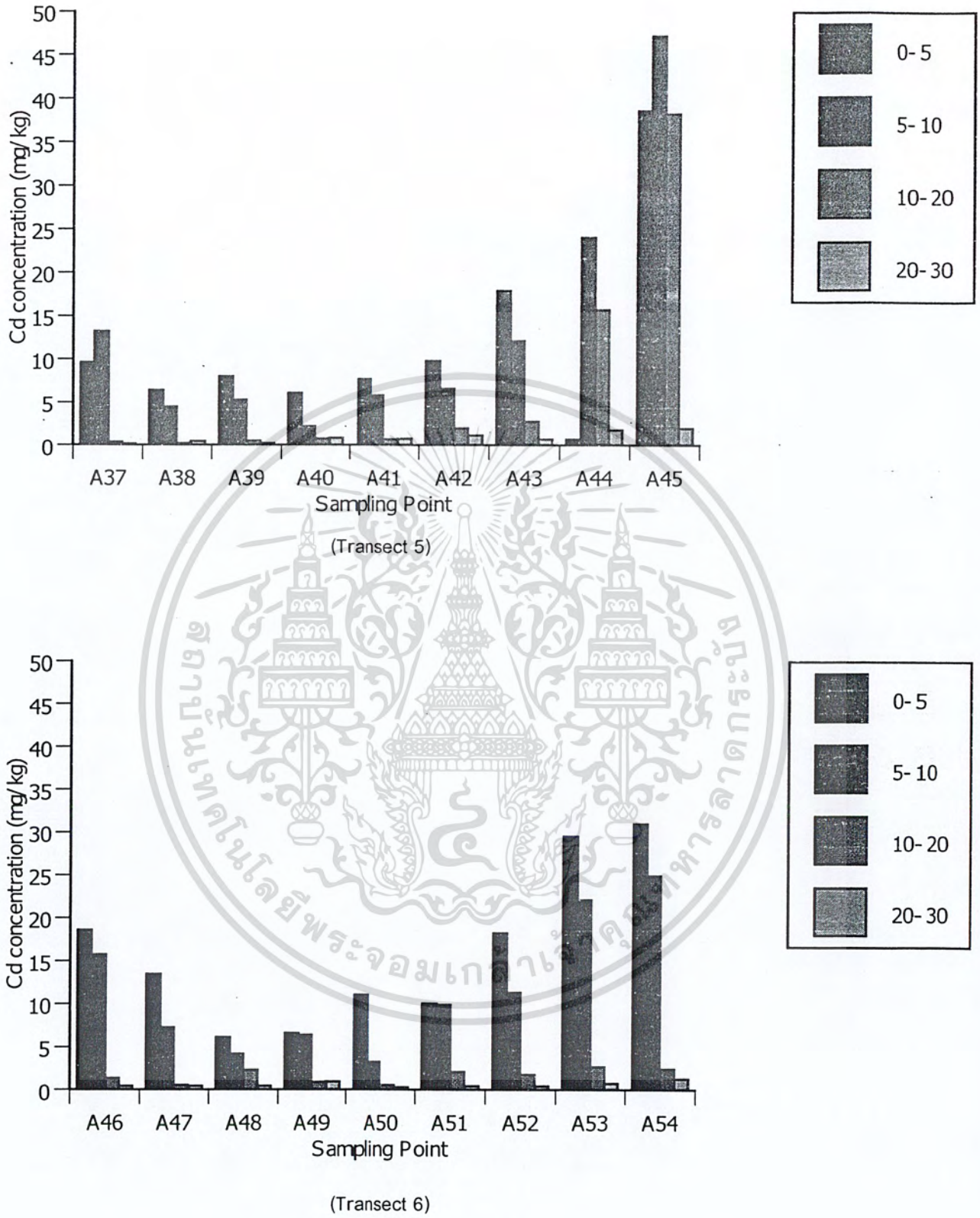
ภาพผนวกที่ 14 แสดงความผันแปรในแนวดิ่งของสังกะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



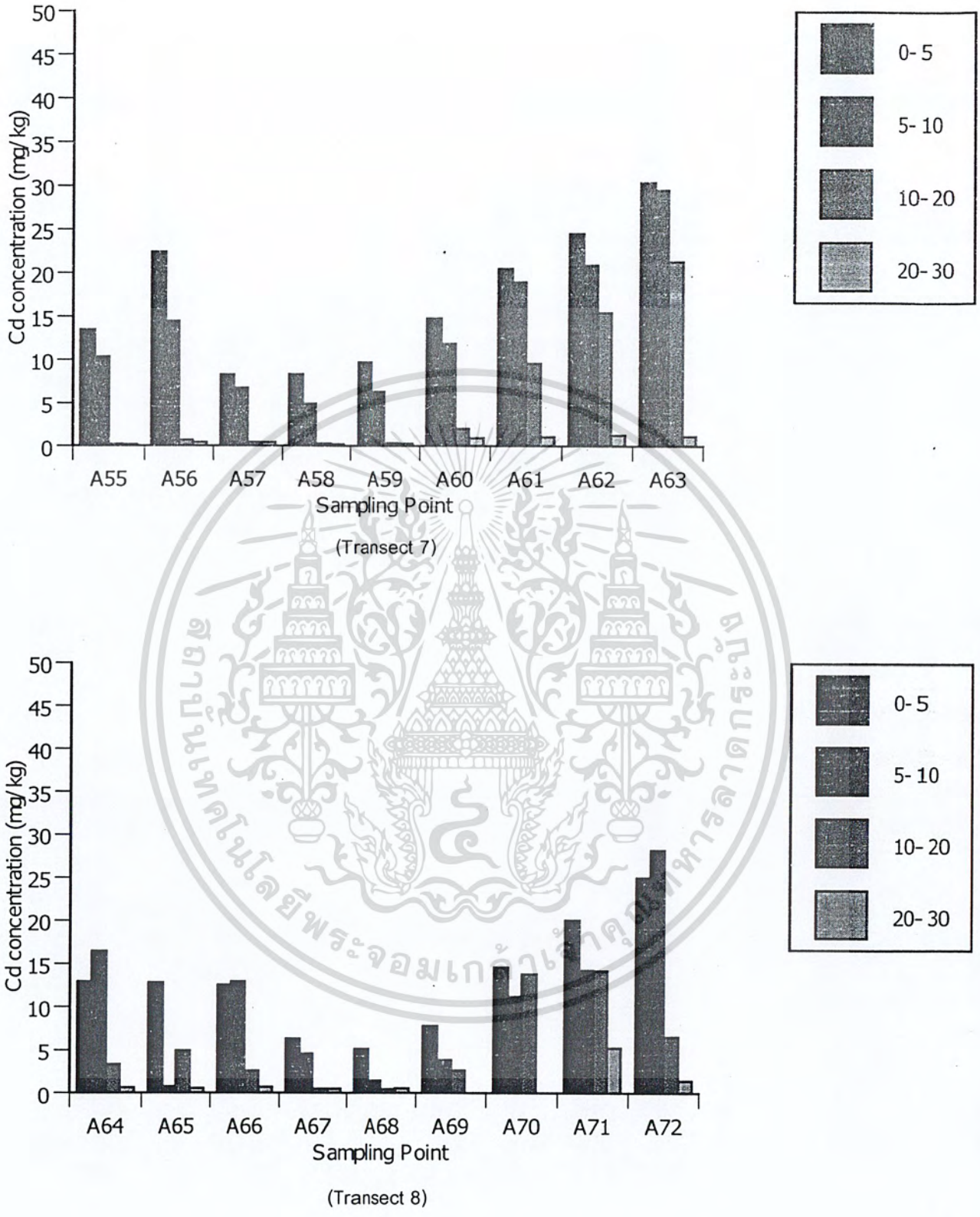
ภาพผนวกที่ 14 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



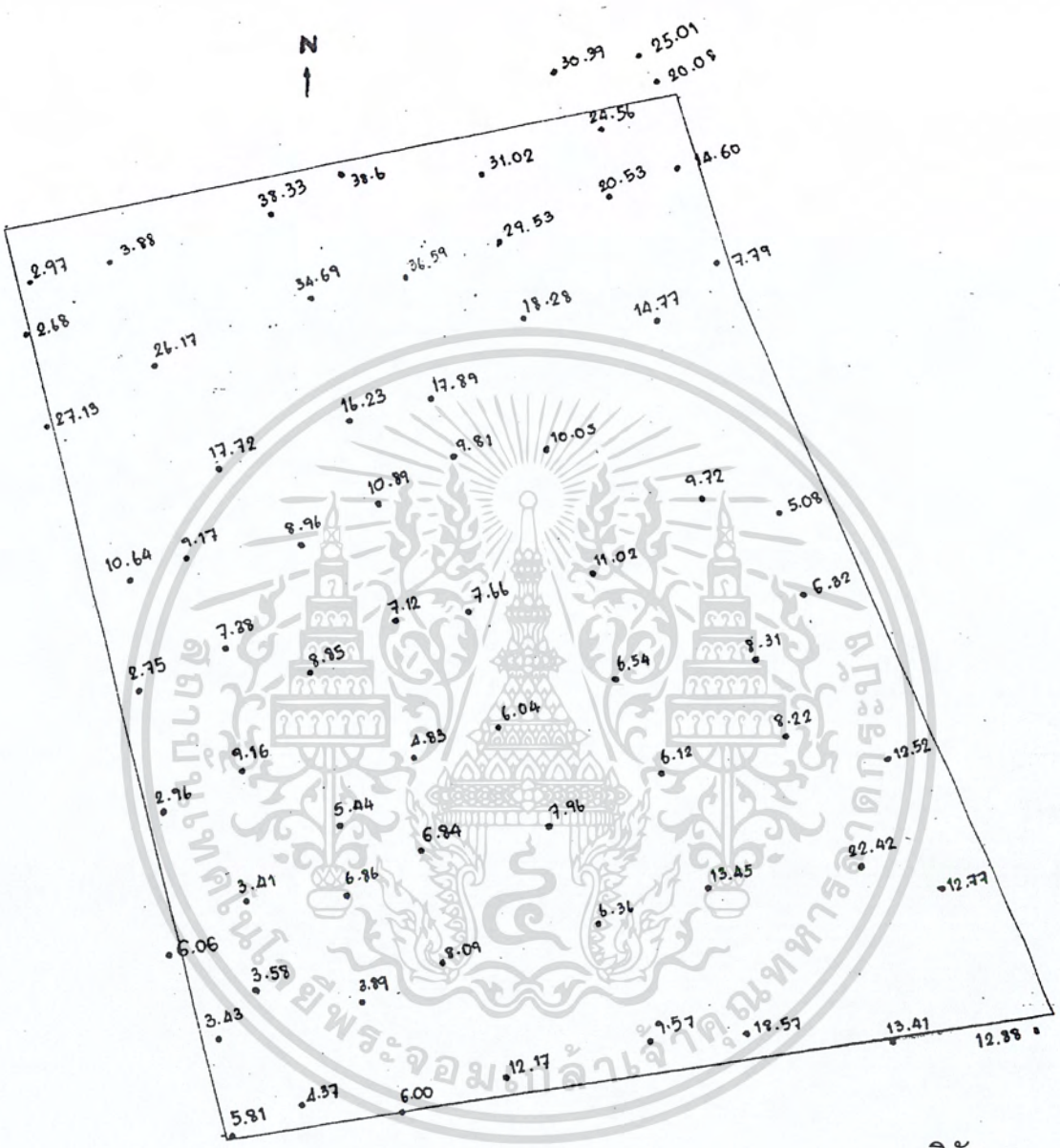
ภาพผนวกที่ 14 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 14 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



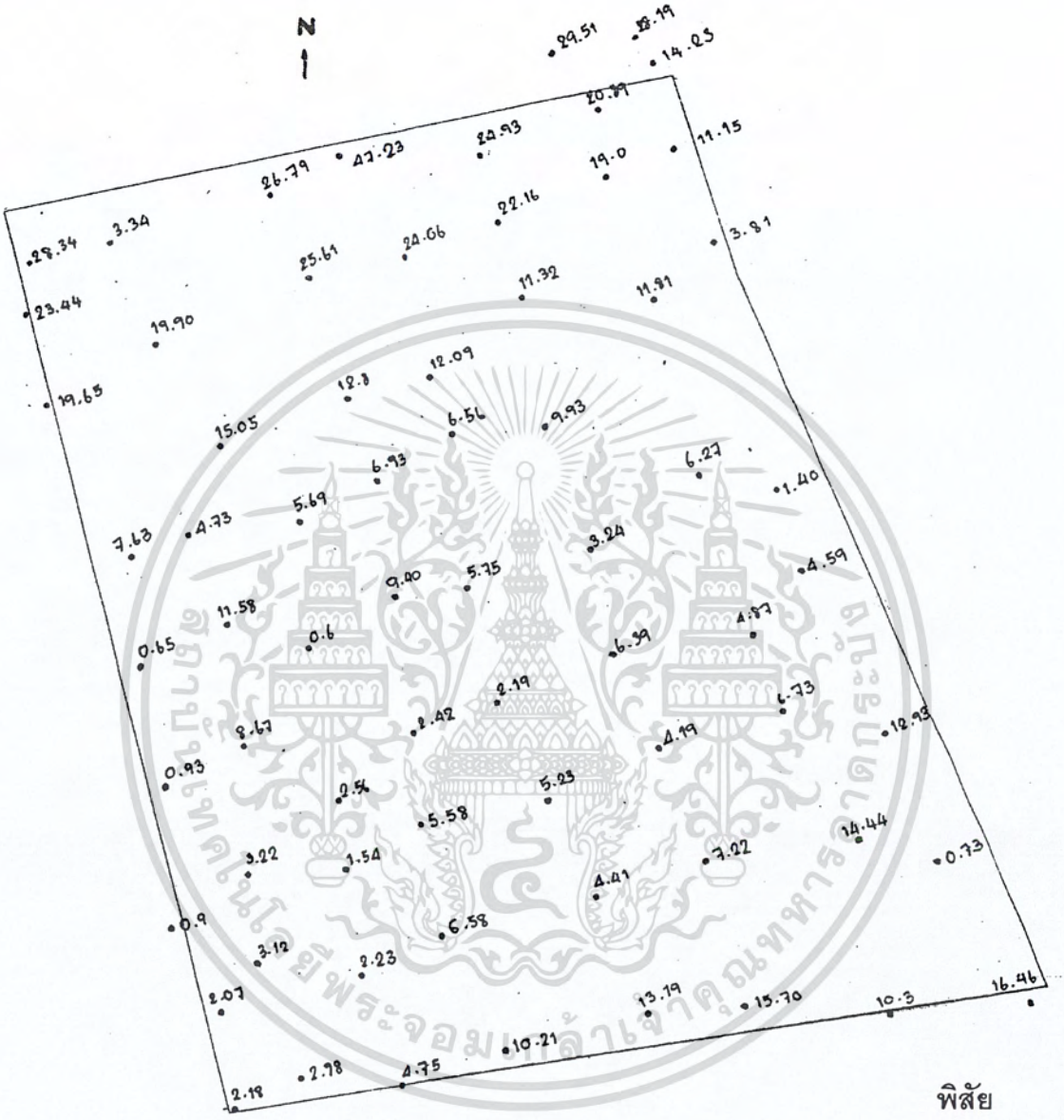
พิสัย

Zn ที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร

0-5	10-20
5-10	20-30

ภาพผนวกที่ 15 ก แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของสังกะสีที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



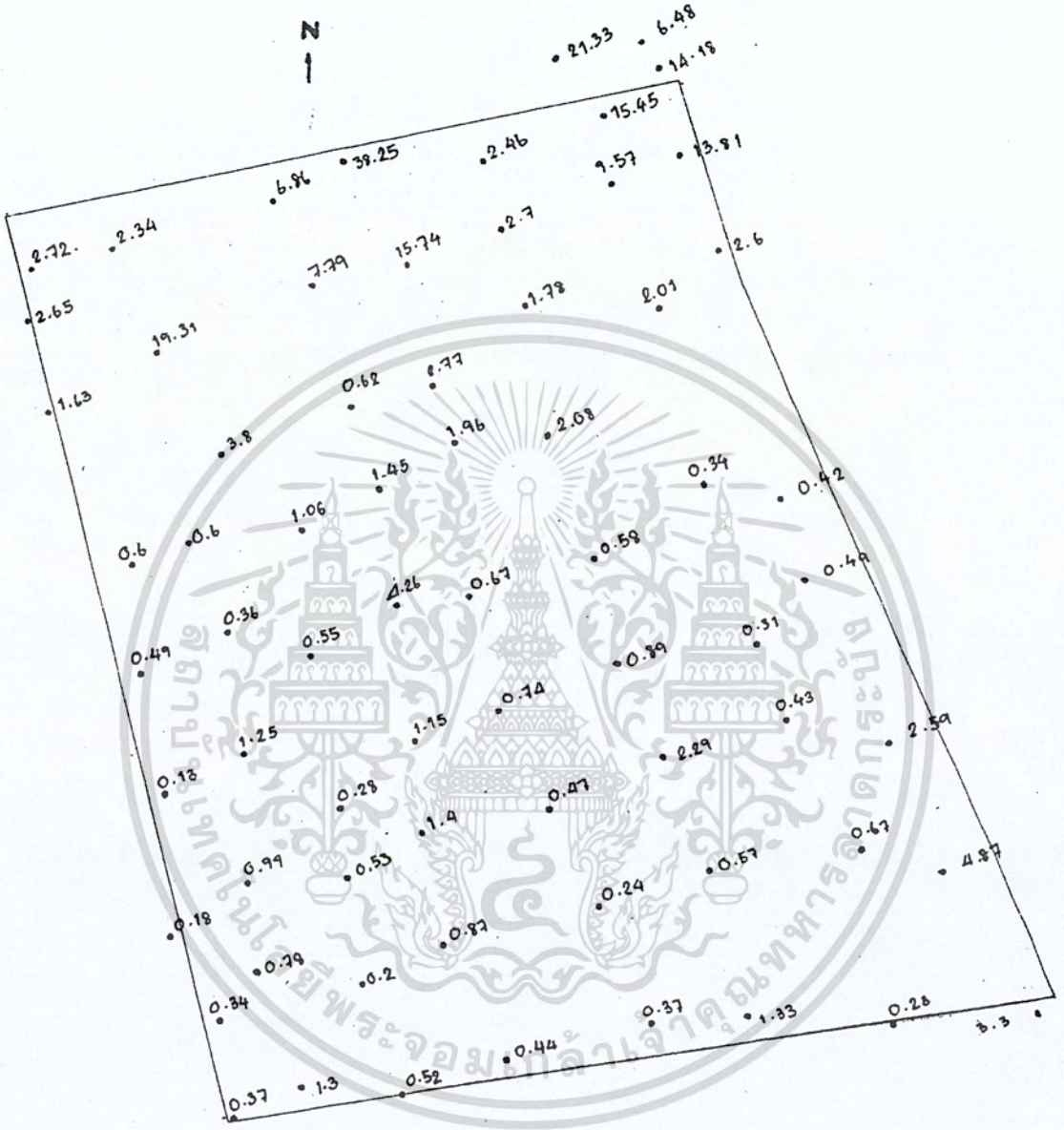
พิสัย

Zn ที่ระดับความลึก 5-10 เซนติเมตร

0-5	10-20
5-10	20-30

ภาพผนวกที่ 15 ข แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของสังกะสีที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



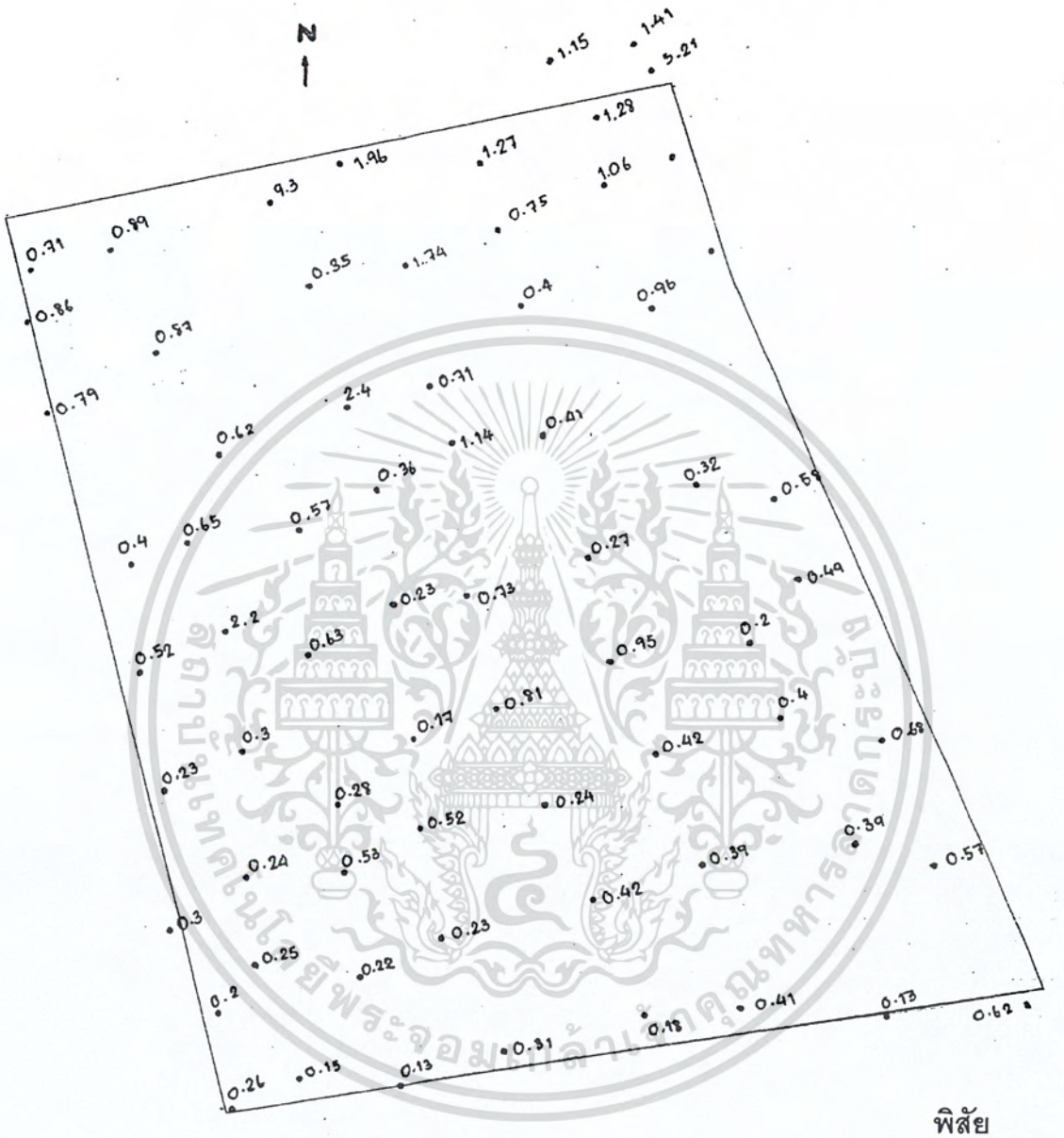
Zn ที่ระดับความลึก 10-20 เซนติเมตร

พิสัย

0-5	10-20
5-10	20-30

ภาพผนวกที่ 15 ค แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของสังกะสีที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร

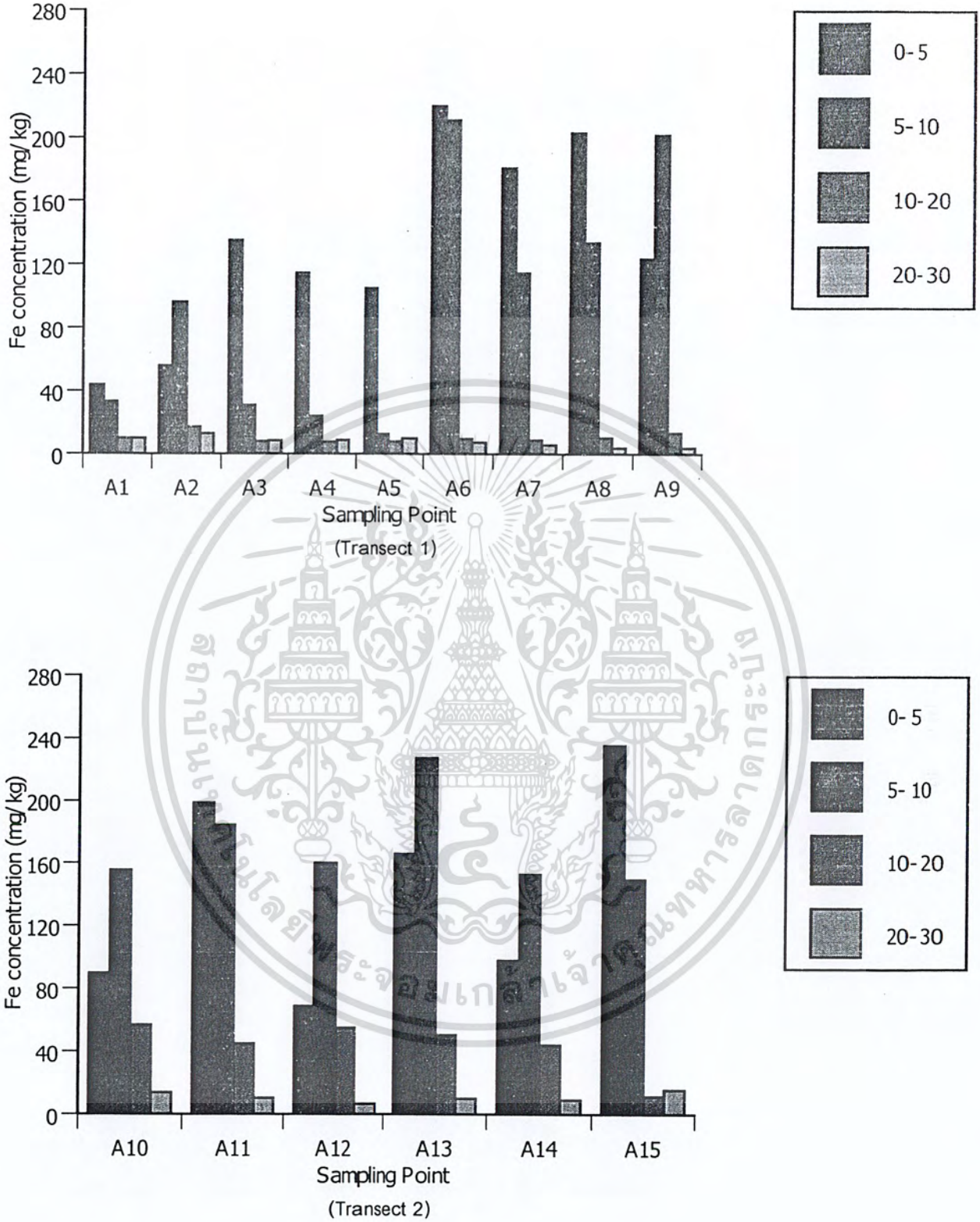
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Zn ที่ระดับความลึก 20-30 เซนติเมตร

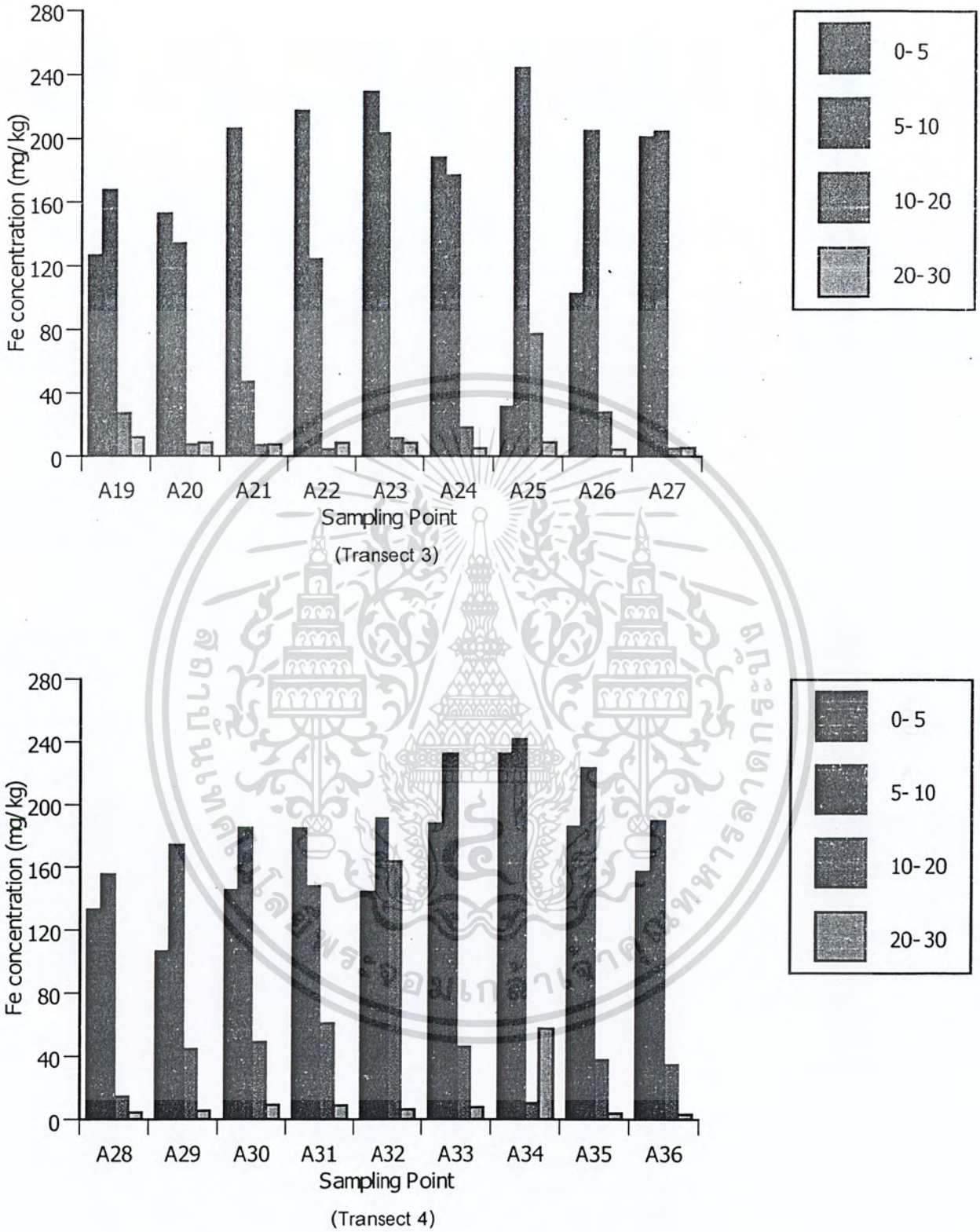
ภาพผนวกที่ 15 ง แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของสังกะสีที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



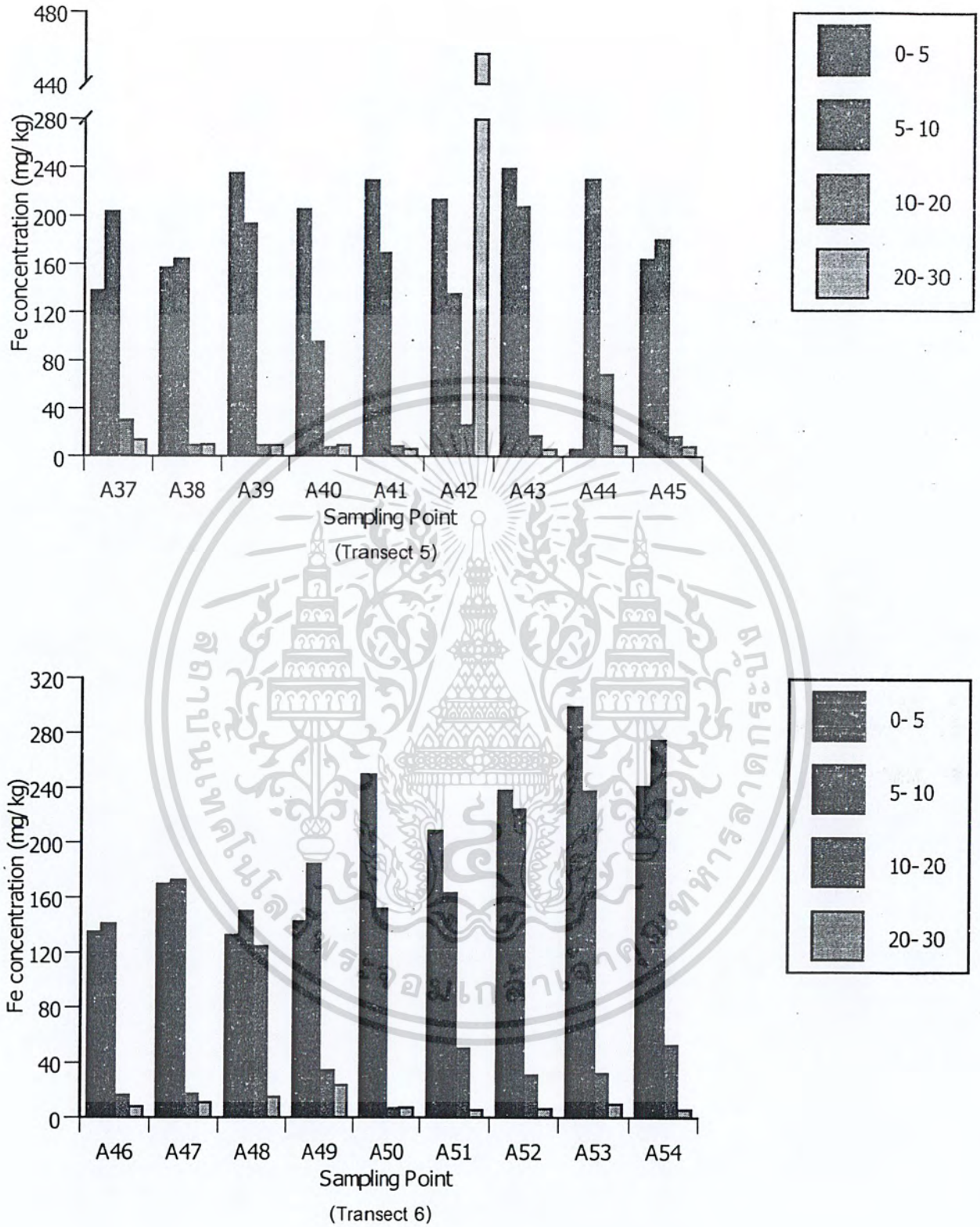
ภาพผนวกที่ 16 แสดงความผันแปรในแนวดิ่งของเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



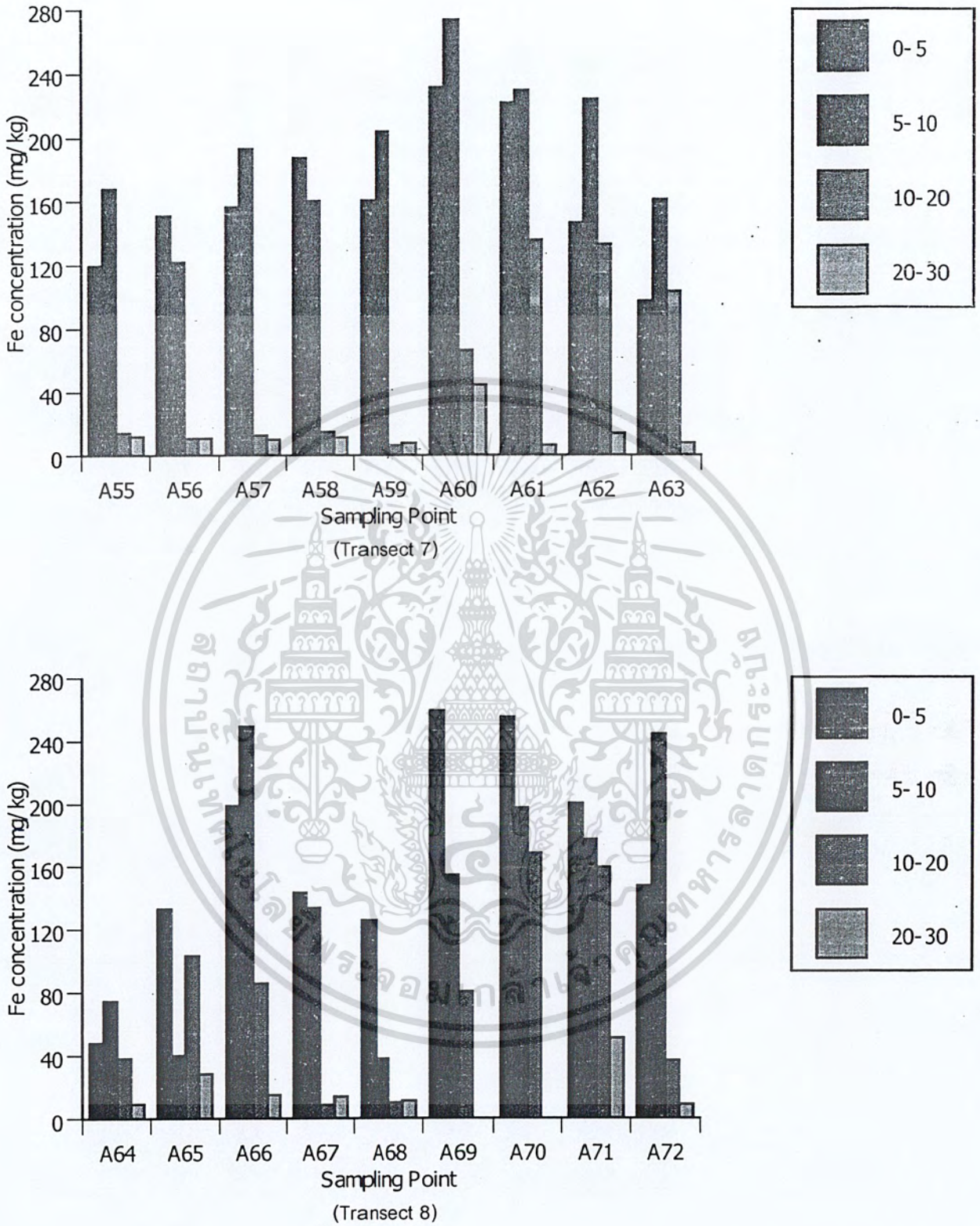
ภาพผนวกที่ 16 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



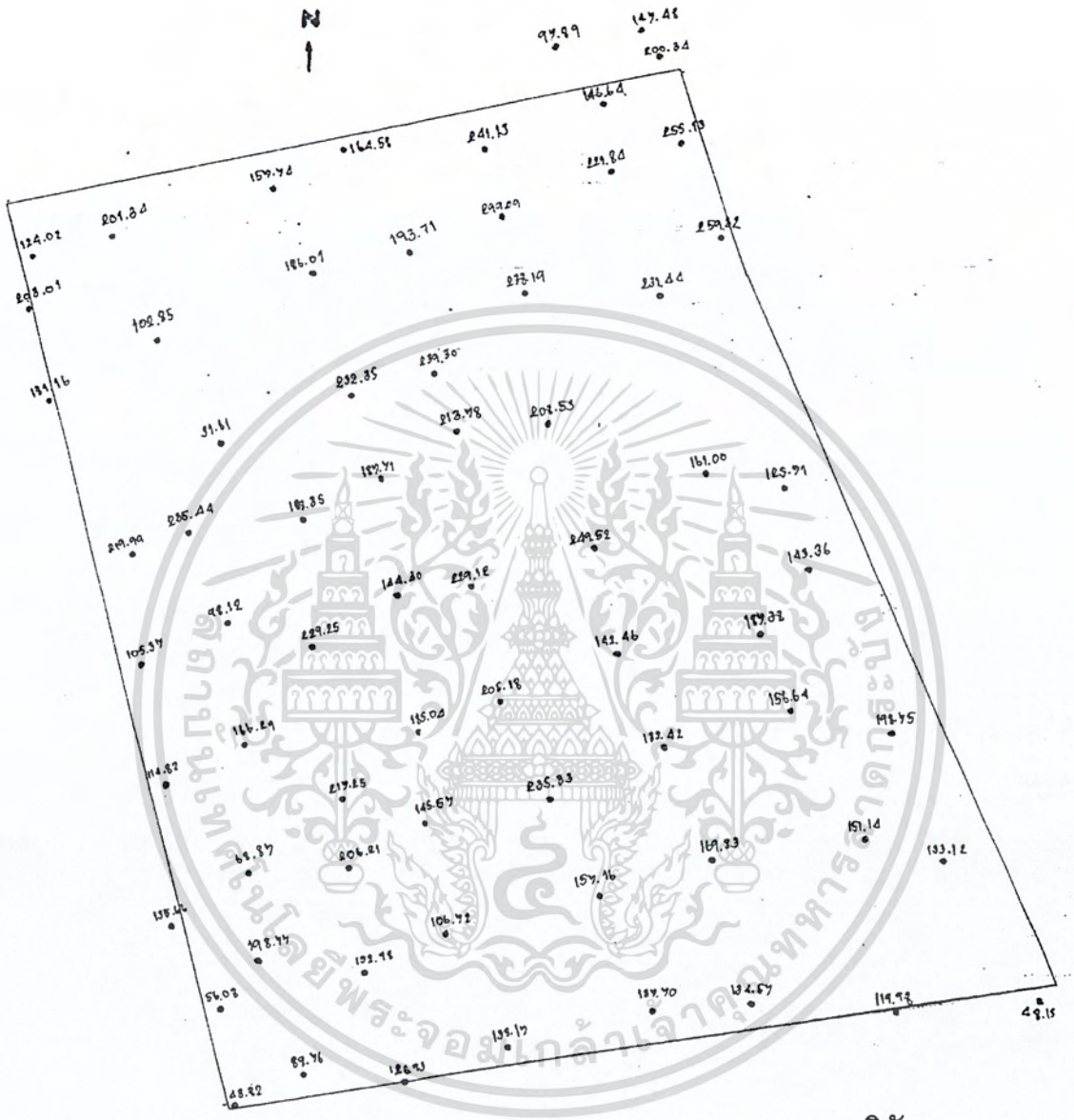
ภาพผนวกที่ 16 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 16 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



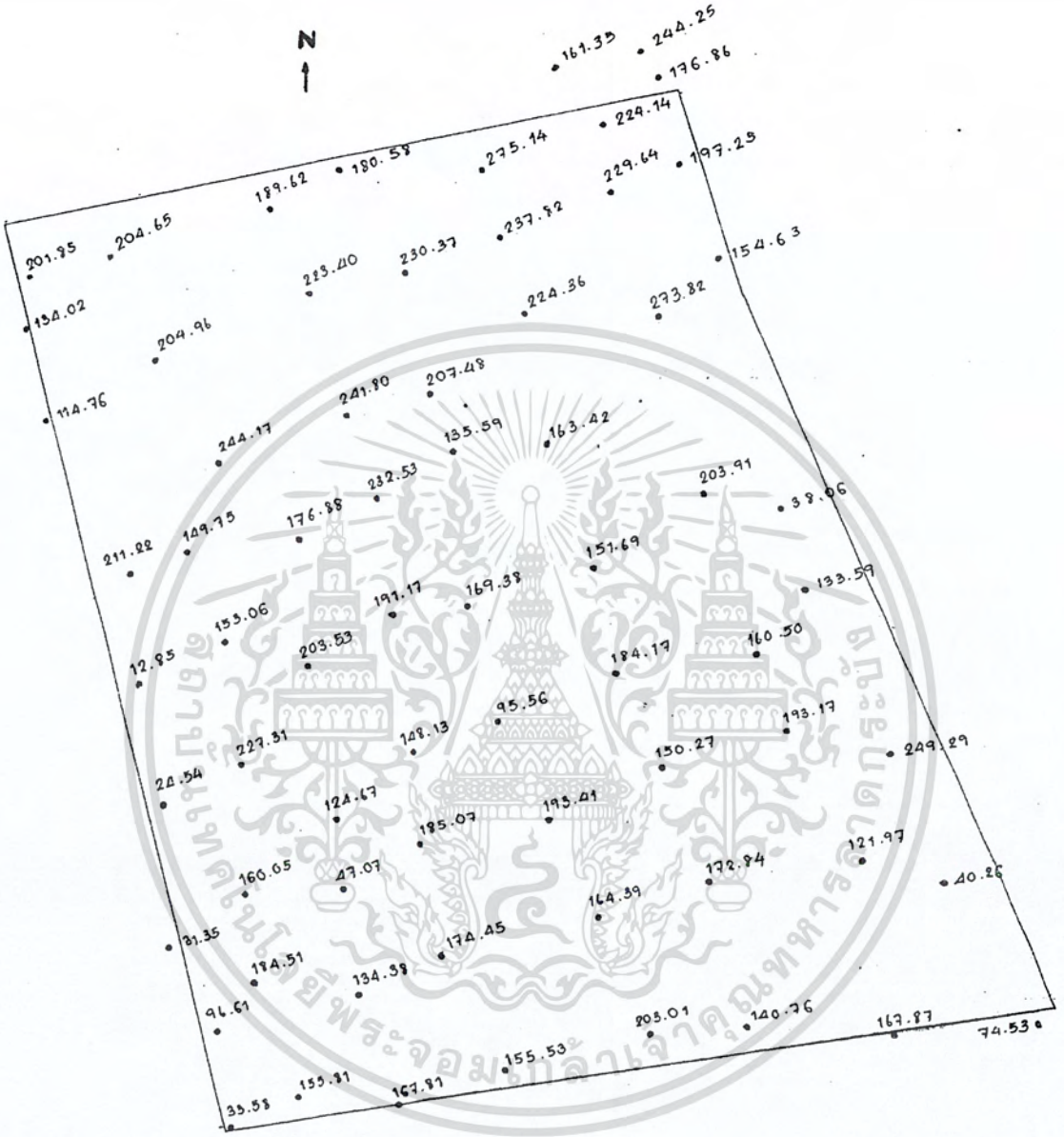
พิสัย

Fe ที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร

<50	150-200
50-100	200-250
150-200	>250

ภาพผนวกที่ 17 ก แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของเหล็กที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



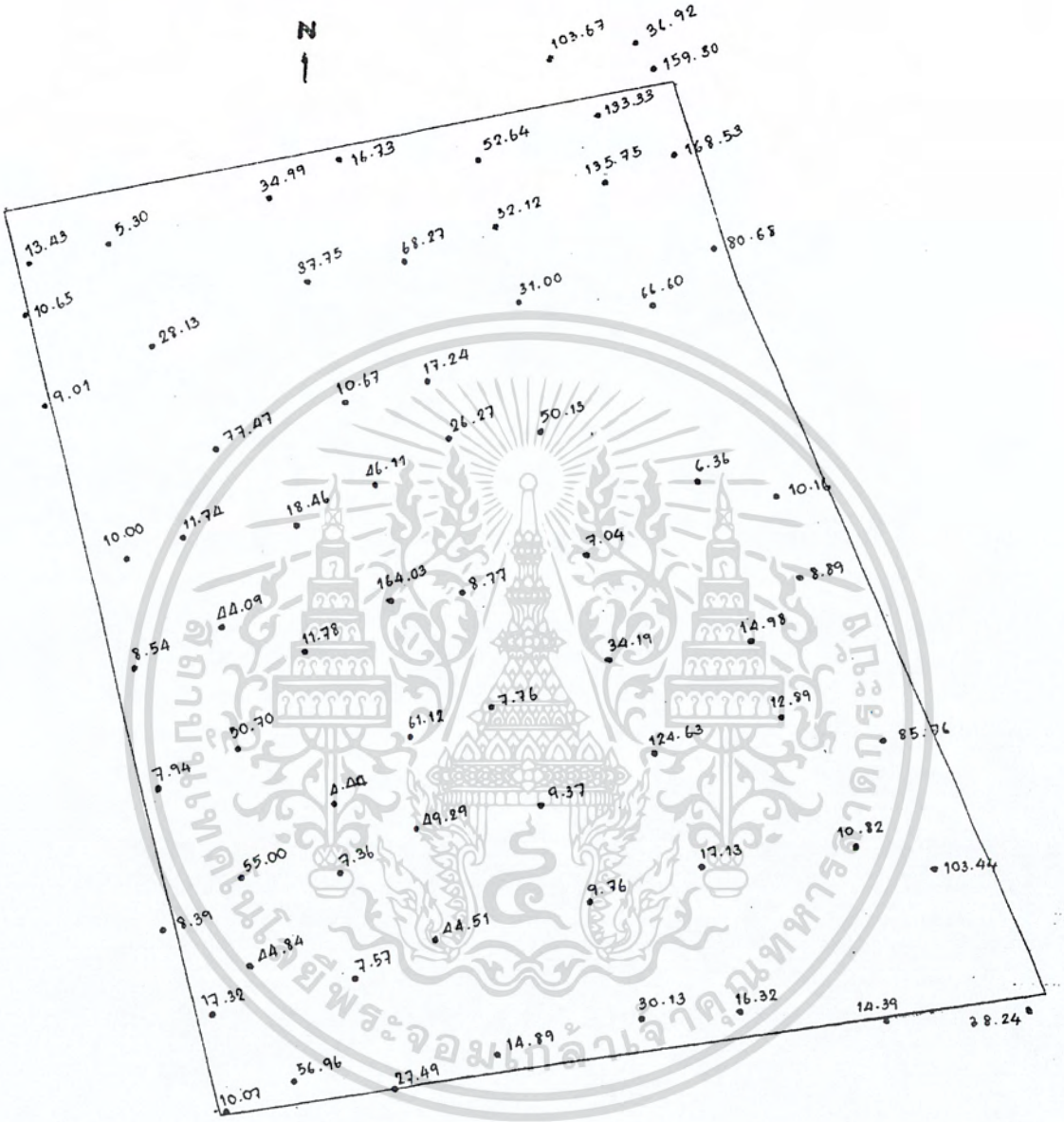
Fe ที่ระดับความลึก 5-10 เซนติเมตร

พิสัย

<50	150-200
50-100	200-250
150-200	>250

ภาพผนวกที่ 17 ข แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของเหล็กที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



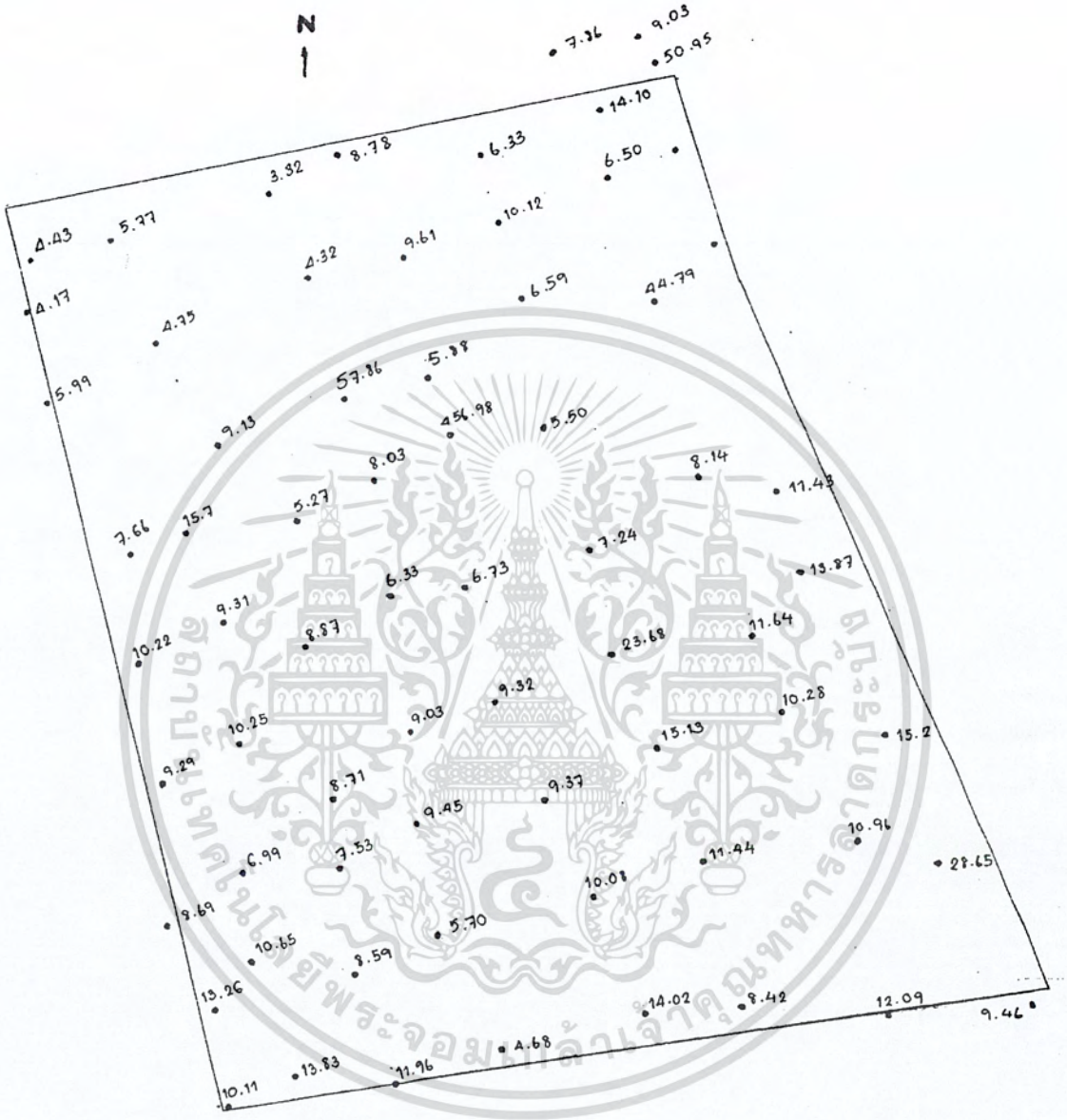
Fe ที่ระดับความลึก 10-20 เซนติเมตร

พิสัย

<50	150-200
50-100	200-250
150-200	>250

ภาพผนวกที่ 17 ค แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของเหล็กที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



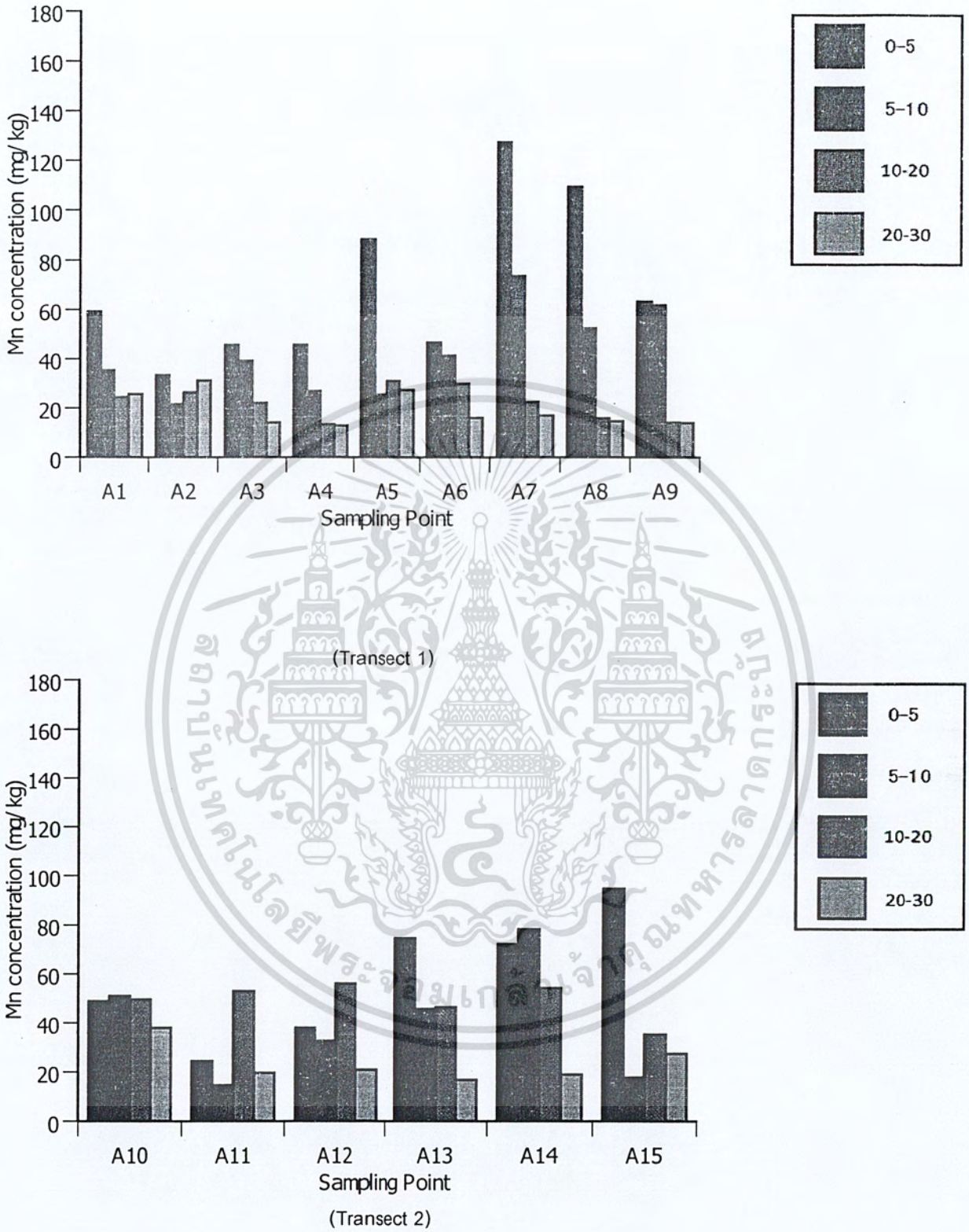
Fe ที่ระดับความลึก 20-30 เซนติเมตร

พิสัย

<50	150-200
50-100	200-250
150-200	>250

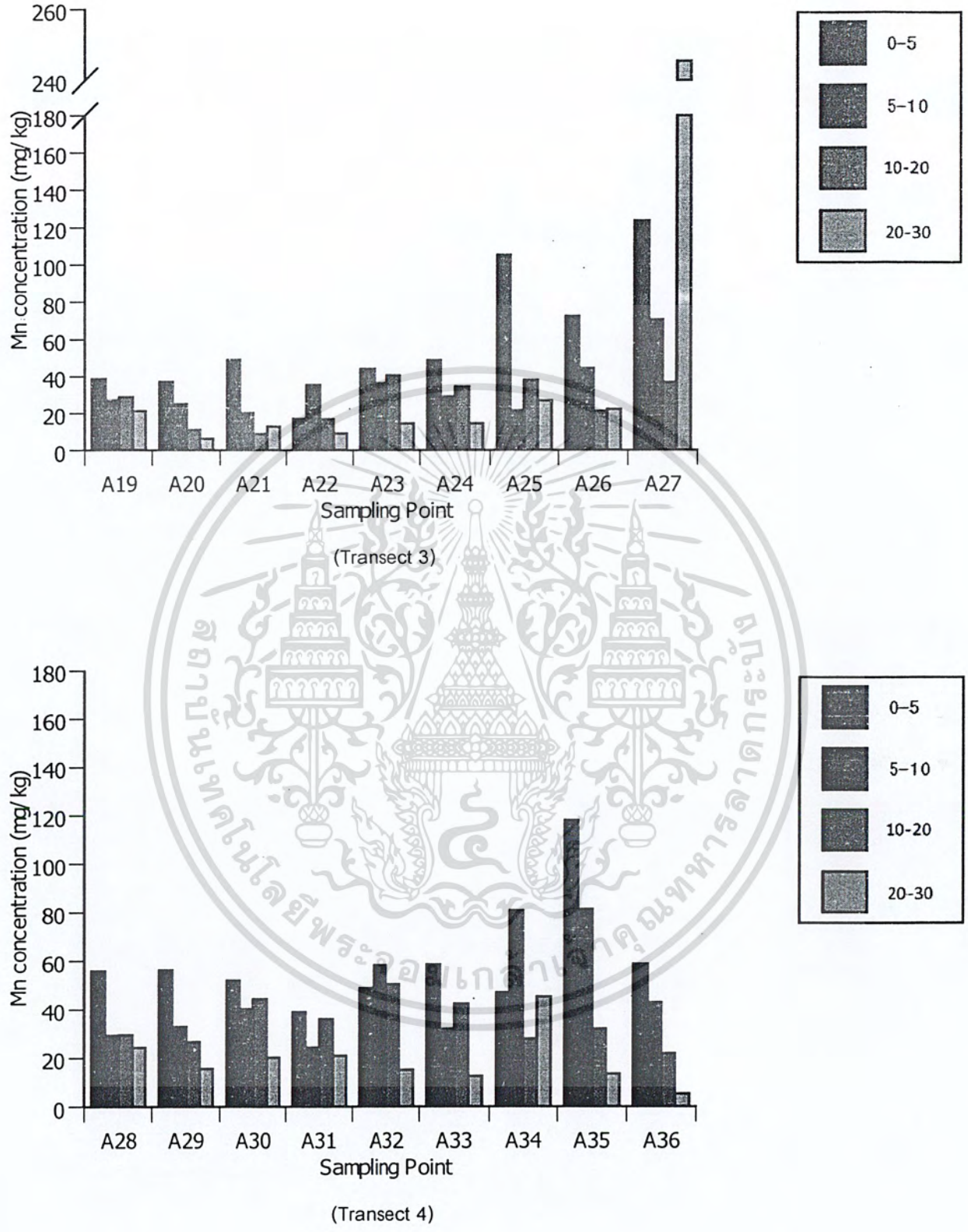
ภาพผนวกที่ 17 ง แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของเหล็กที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



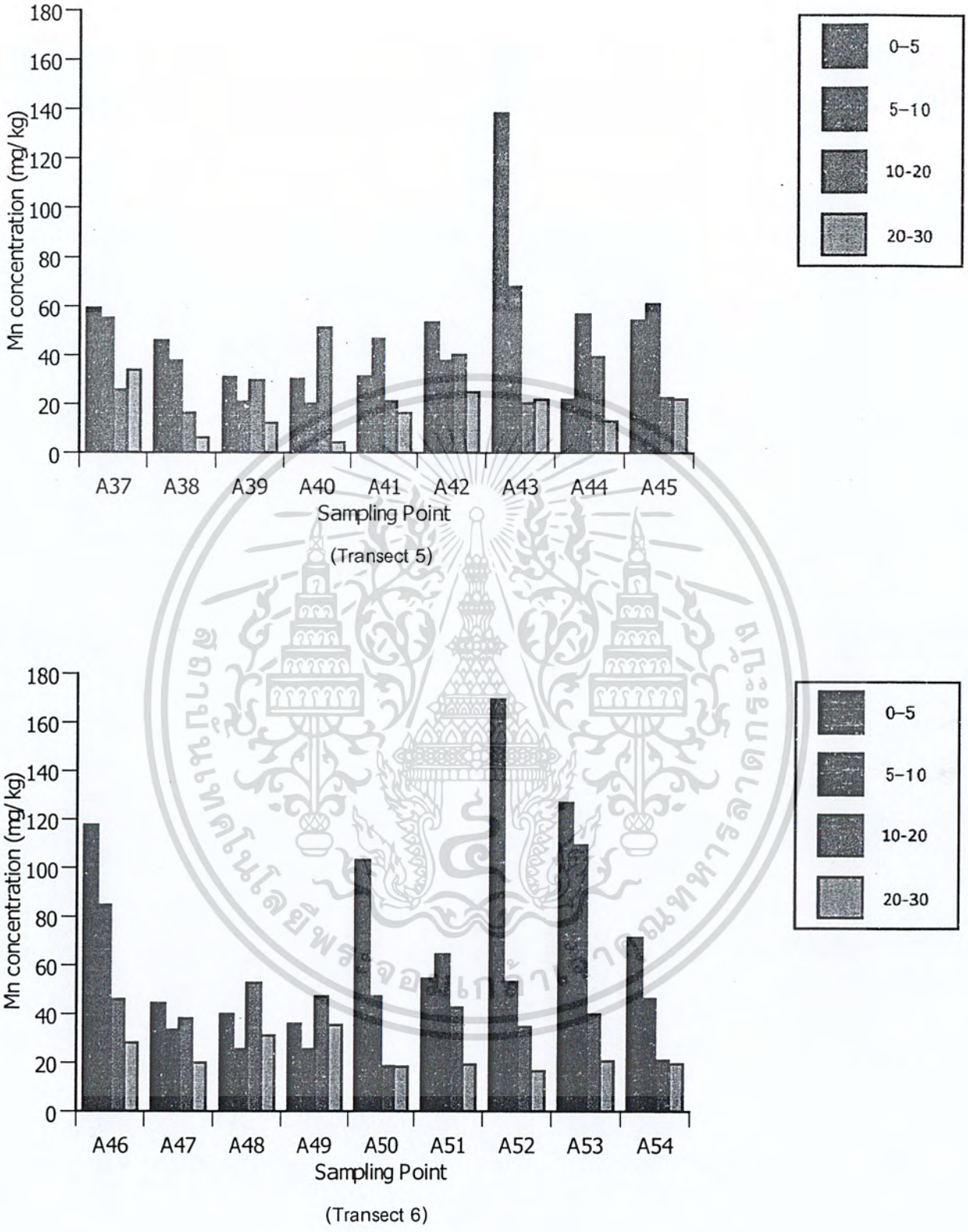
ภาพผนวกที่ 18 แสดงความผันแปรในแนวดิ่งของแมงกานีส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



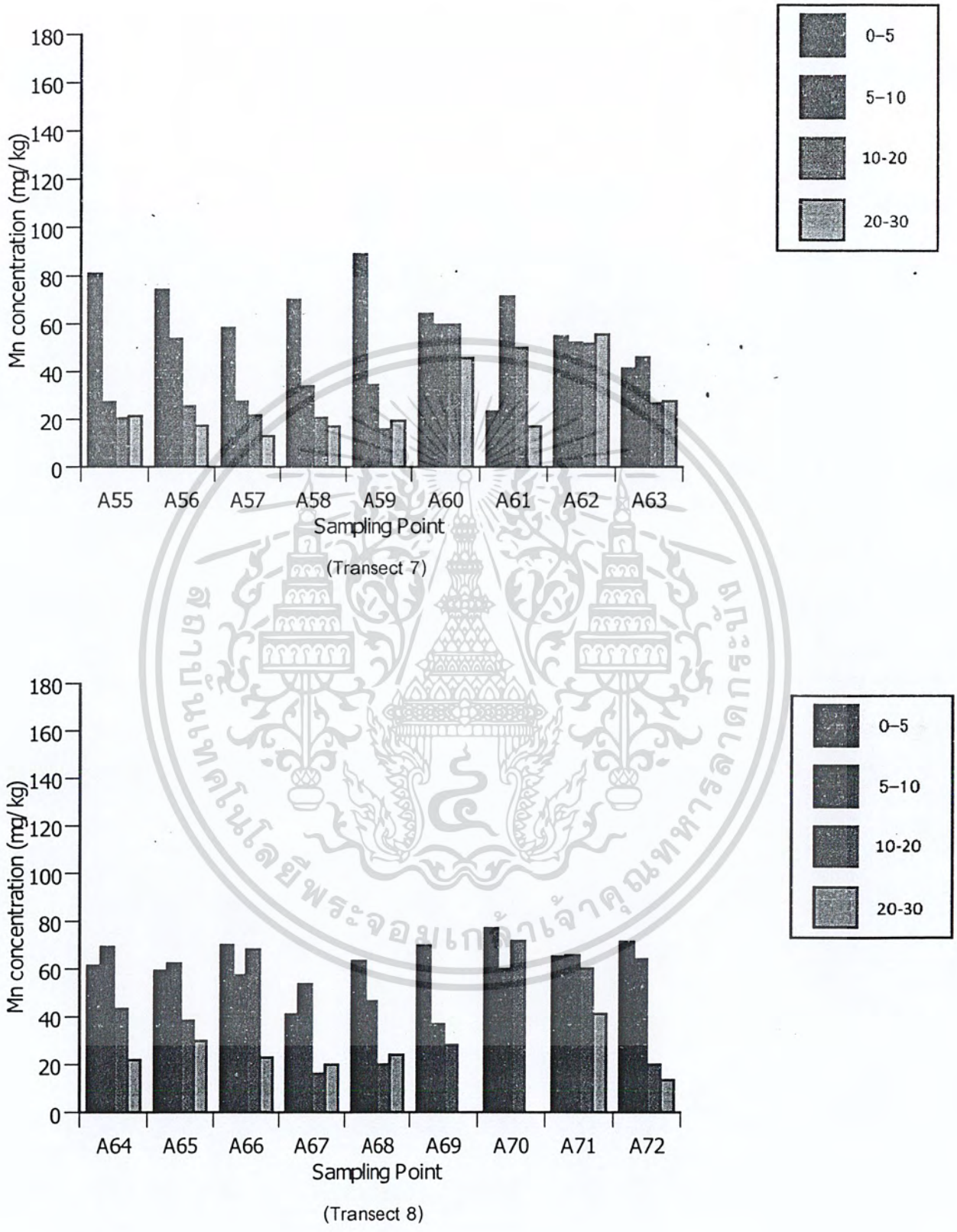
ภาพผนวกที่ 18 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



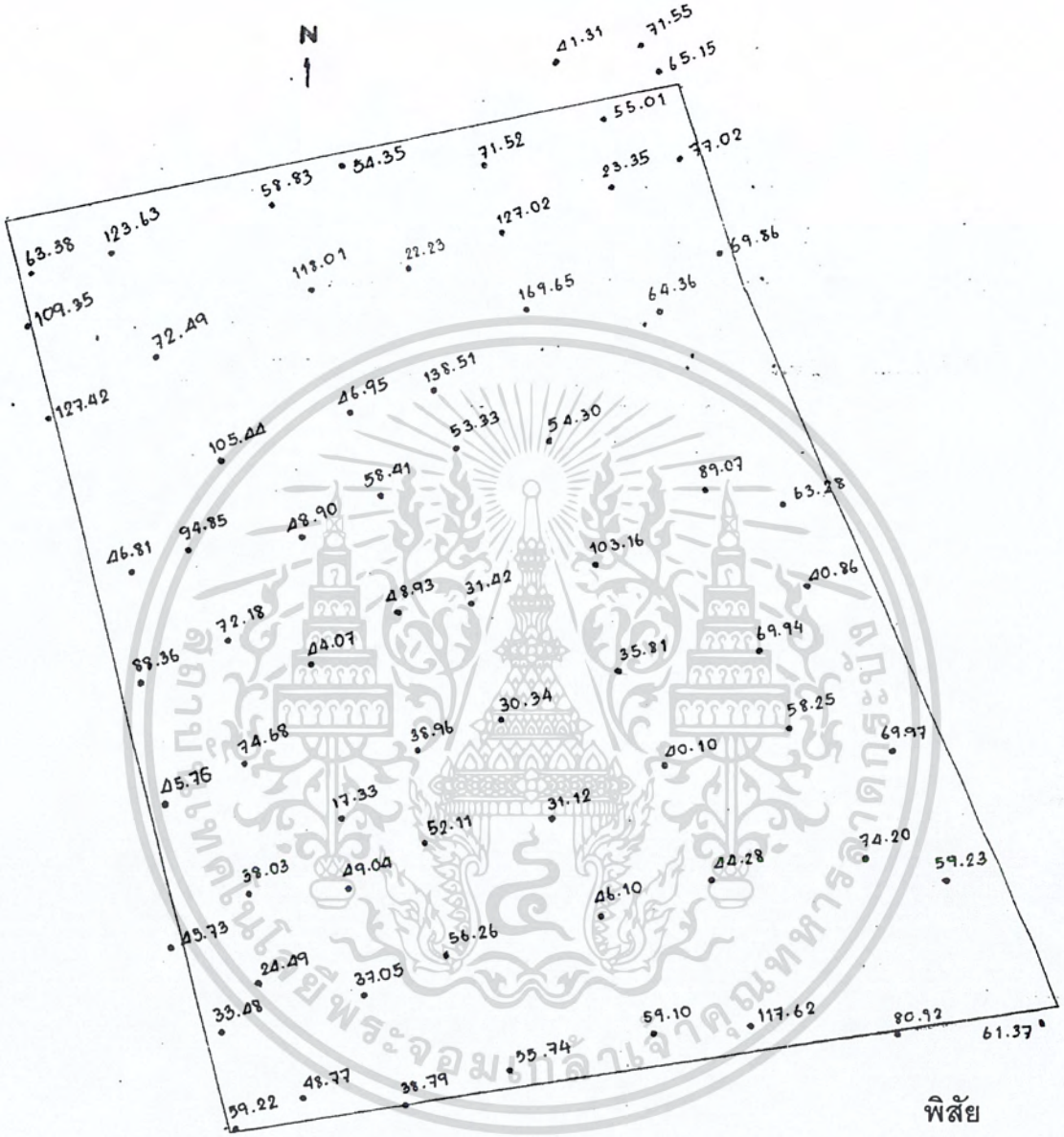
ภาพผนวกที่ 18 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 18 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



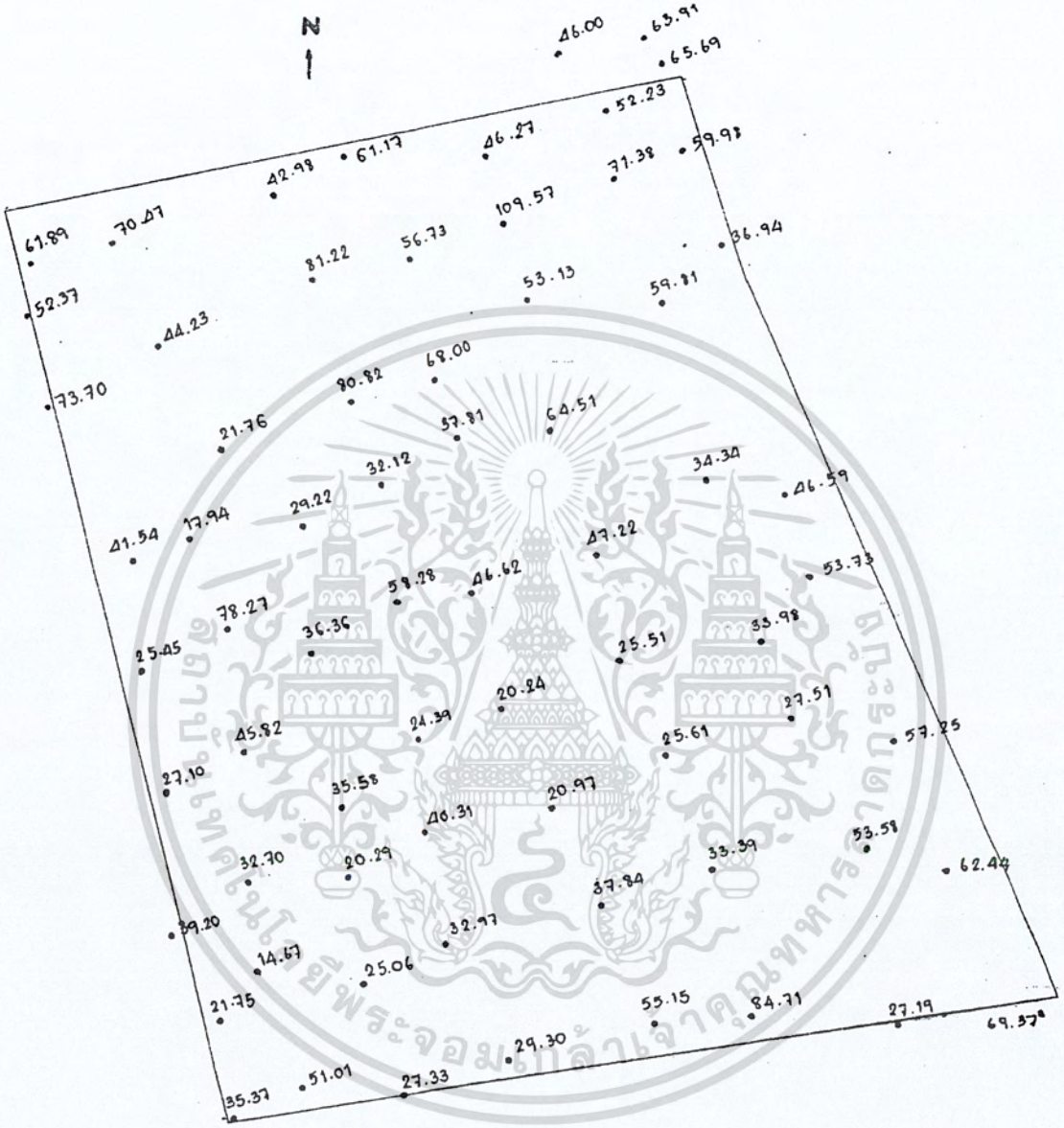
พิสัย

Mn ที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร

<40	80-100
40-60	100-120
60-80	>120

ภาพผนวกที่ 19 ก แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของแมงกานีสที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

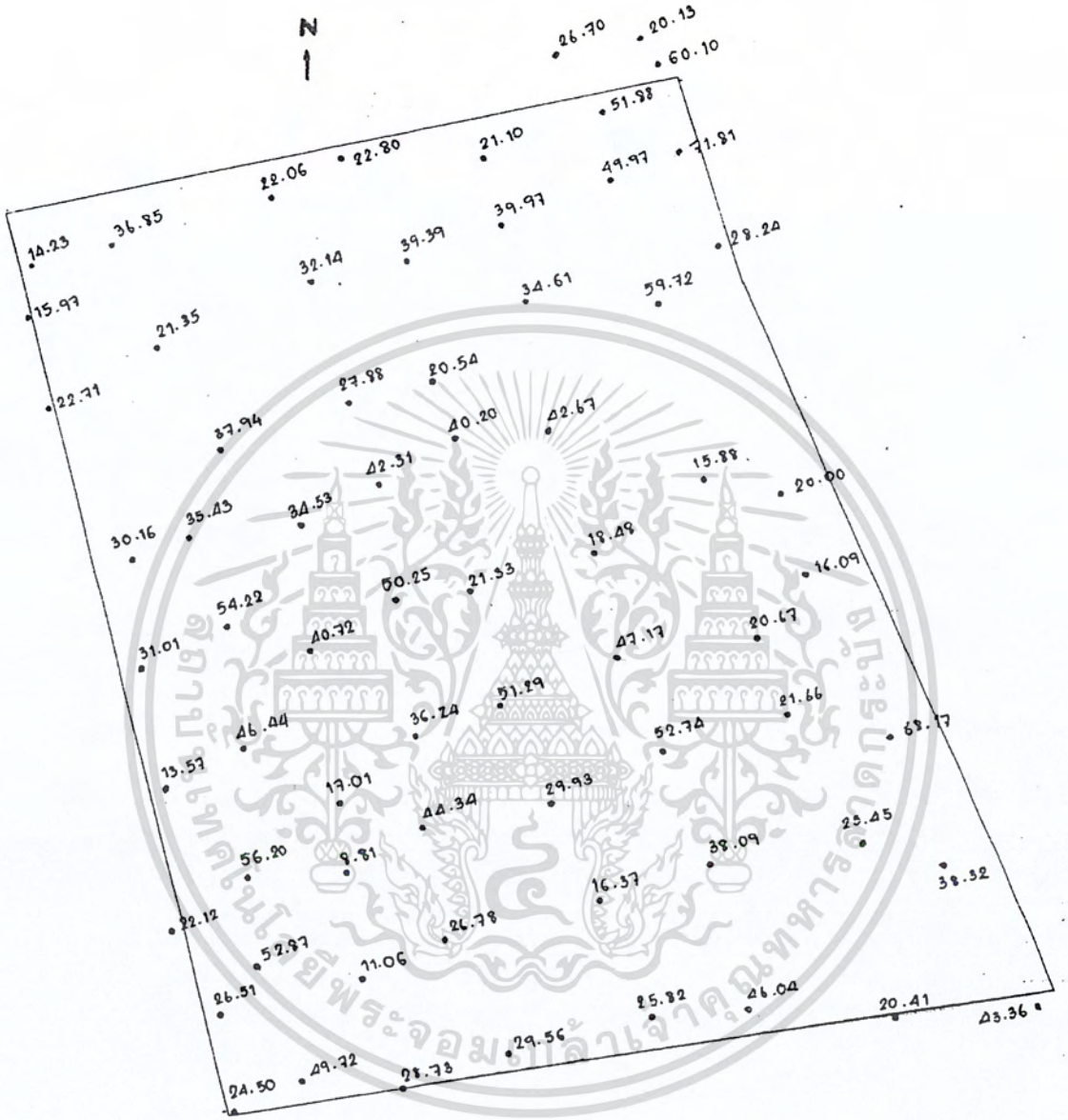


Mn ที่ระดับความลึก 5-10 เซนติเมตร

พิสัย	
<40	80-100
40-60	100-120
60-80	>120

ภาพผนวกที่ 19 ข แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของแมงกานีสที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

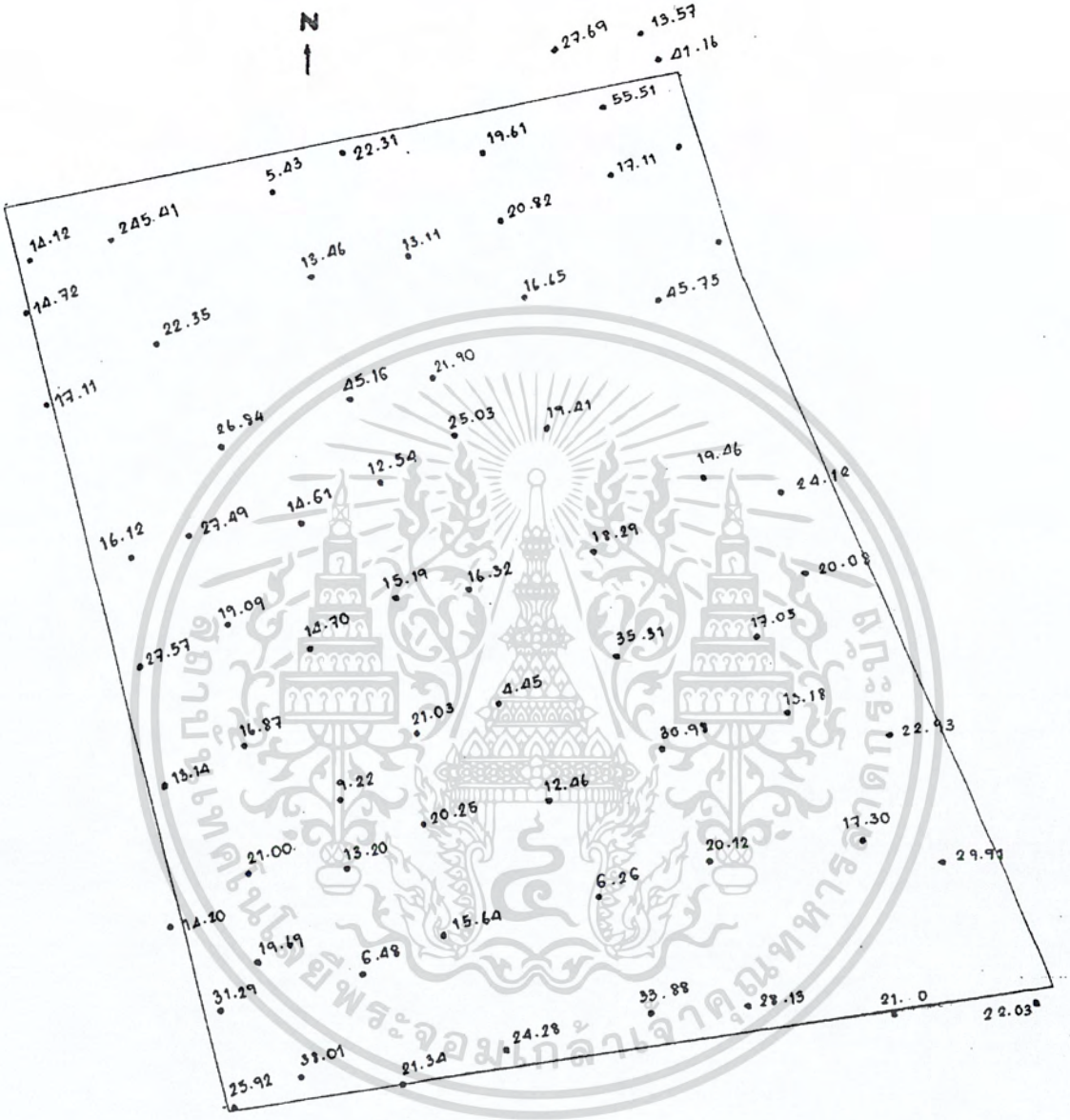


Mn ที่ระดับความลึก 10-20 เซนติเมตร

พิสัย	
<40	80-100
40-60	100-120
60-80	>120

ภาพผนวกที่ 19 **ค** แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของแมงกานีสที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



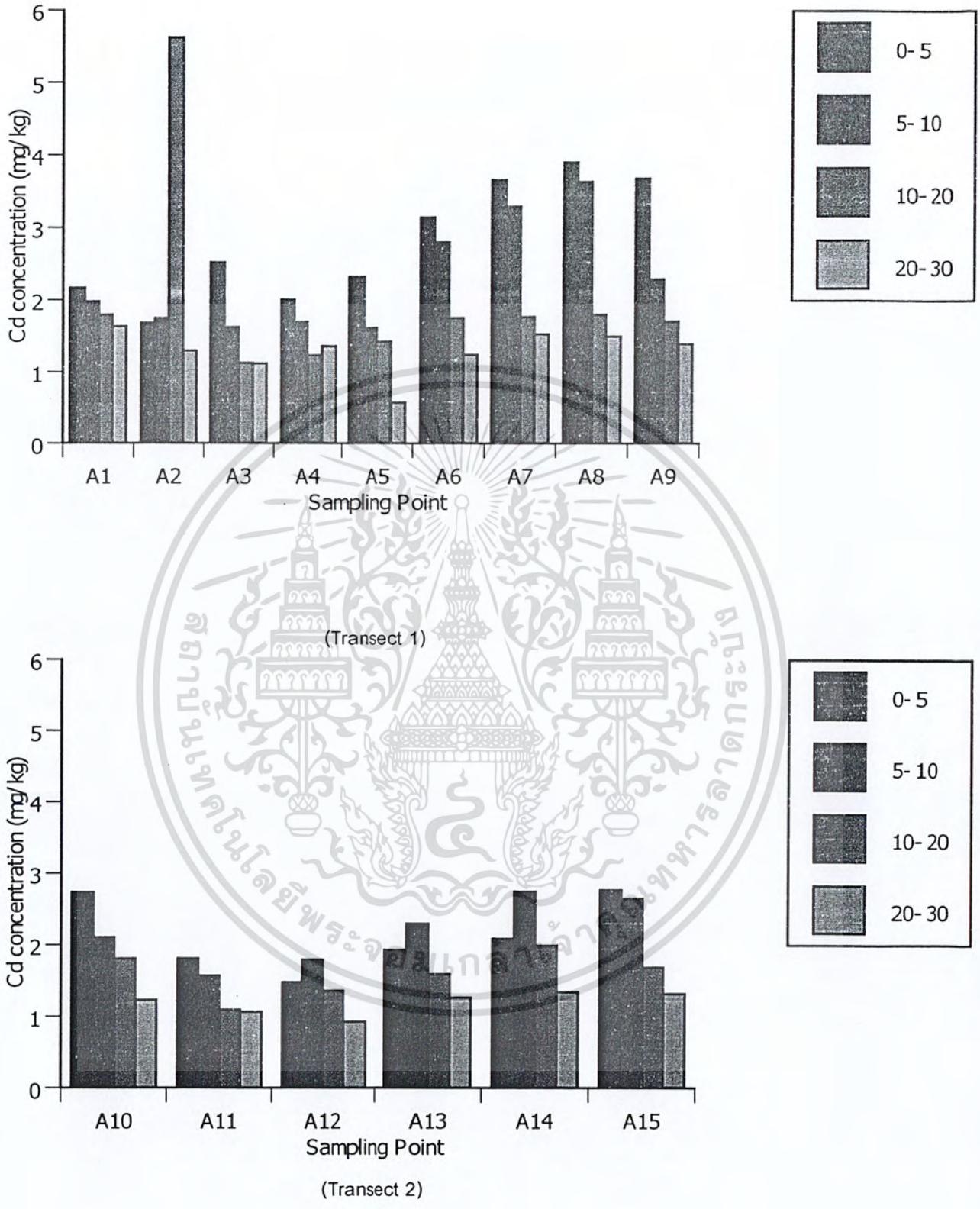
Mn ที่ระดับความลึก 20-30 เซนติเมตร

พิสัย

<40	80-100
40-60	100-120
60-80	>120

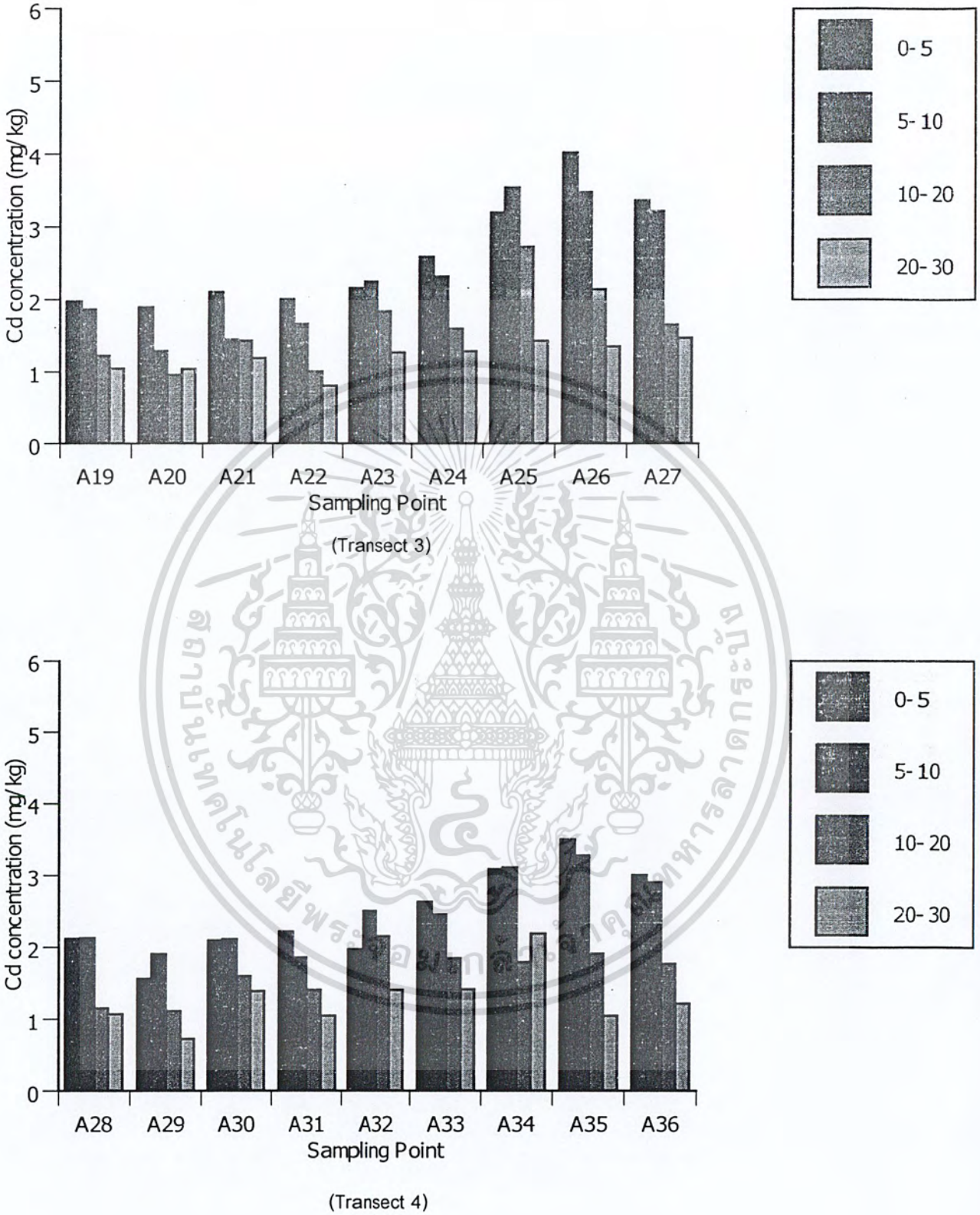
ภาพผนวกที่ 19 **ง** แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของแมงกานีสที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



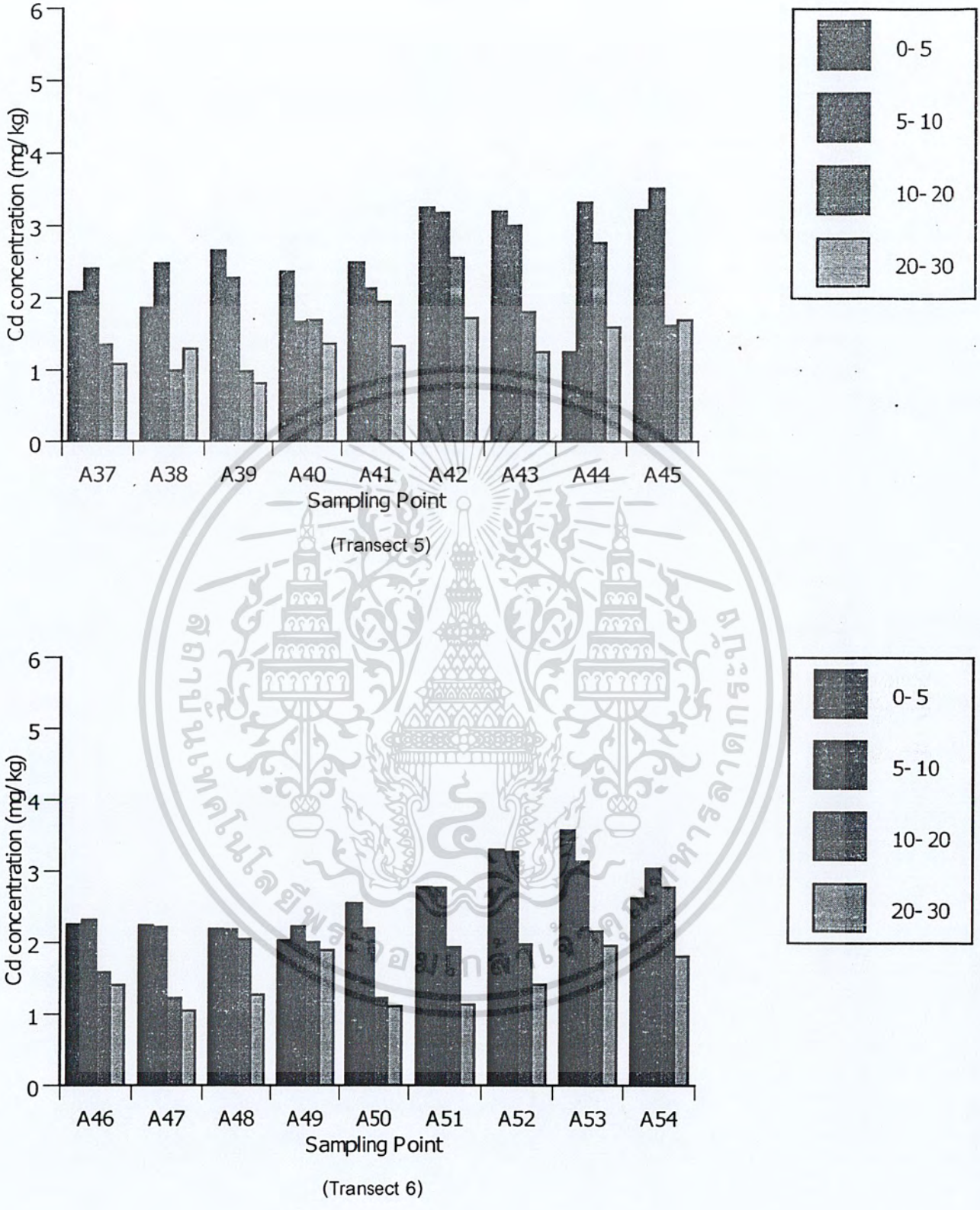
ภาพผนวกที่ 20 แสดงความผันแปรในแนวดิ่งของทองแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



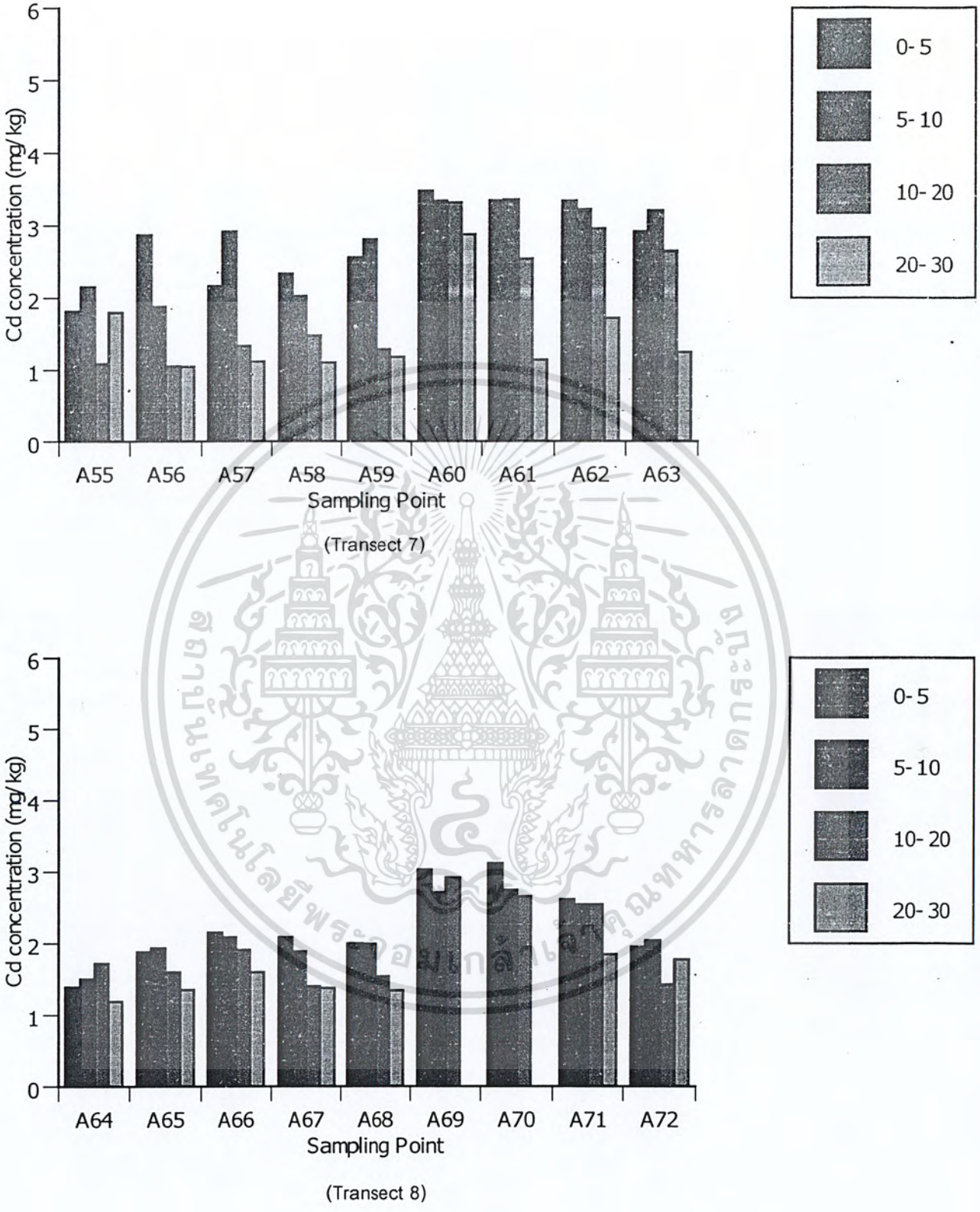
ภาพผนวกที่ 20 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



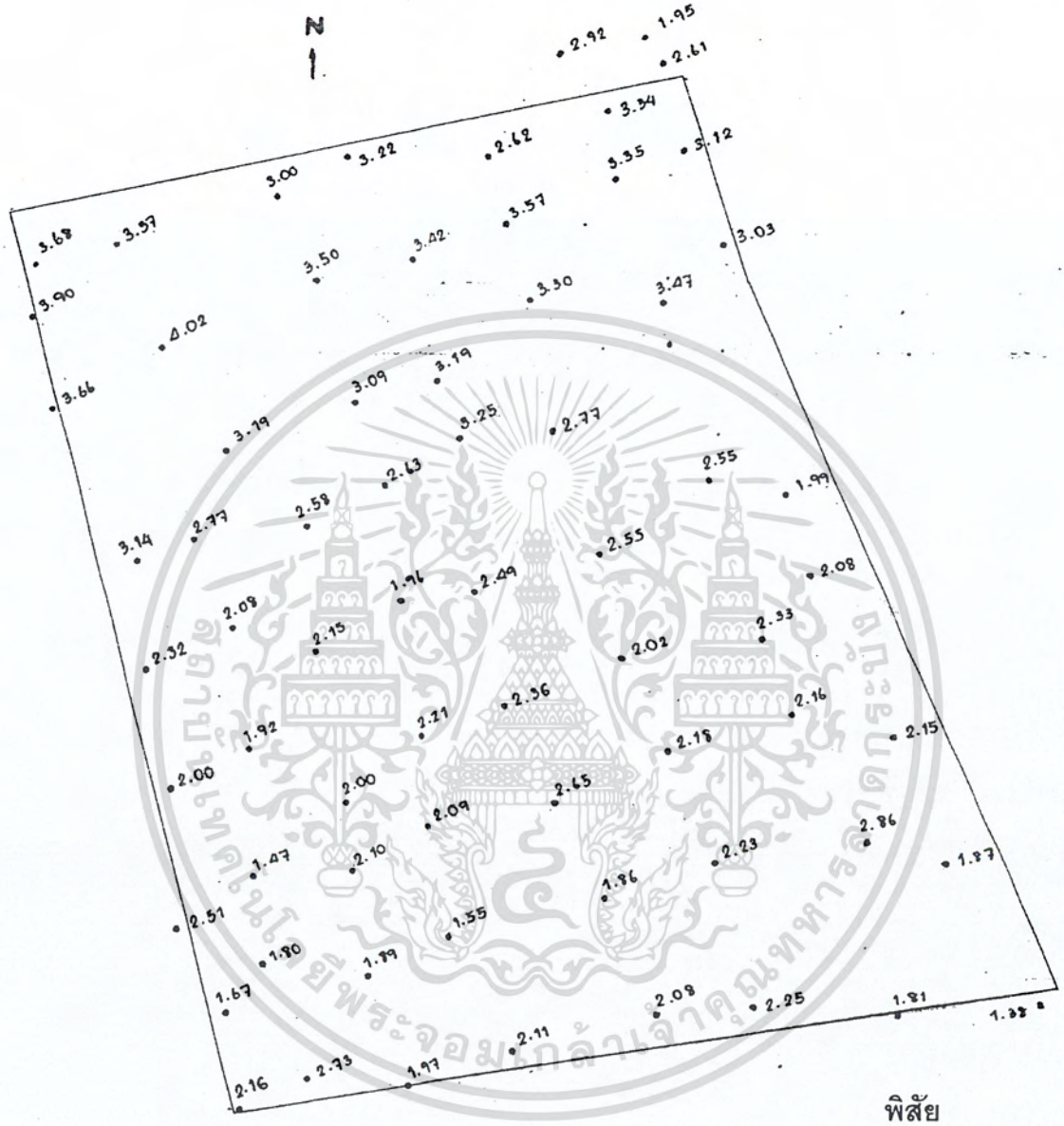
ภาพผนวกที่ 20 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 20 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



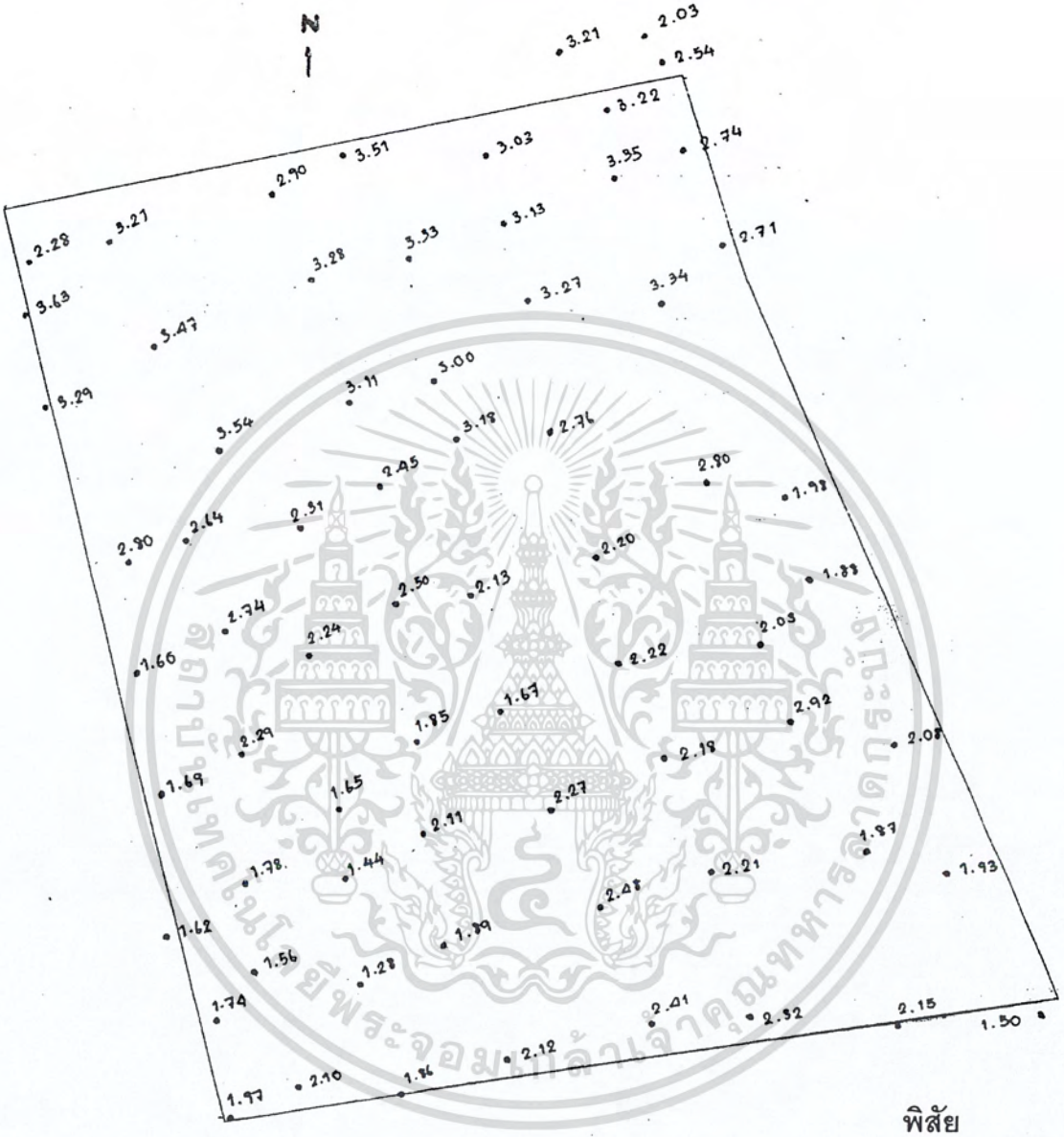
พิสัย

Cu ที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร

<1	2.0-2.5
1-1.5	2.5-3.0
1.5-2.0	>3.0

ภาพผนวกที่ 21 ก แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของทองแดงที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



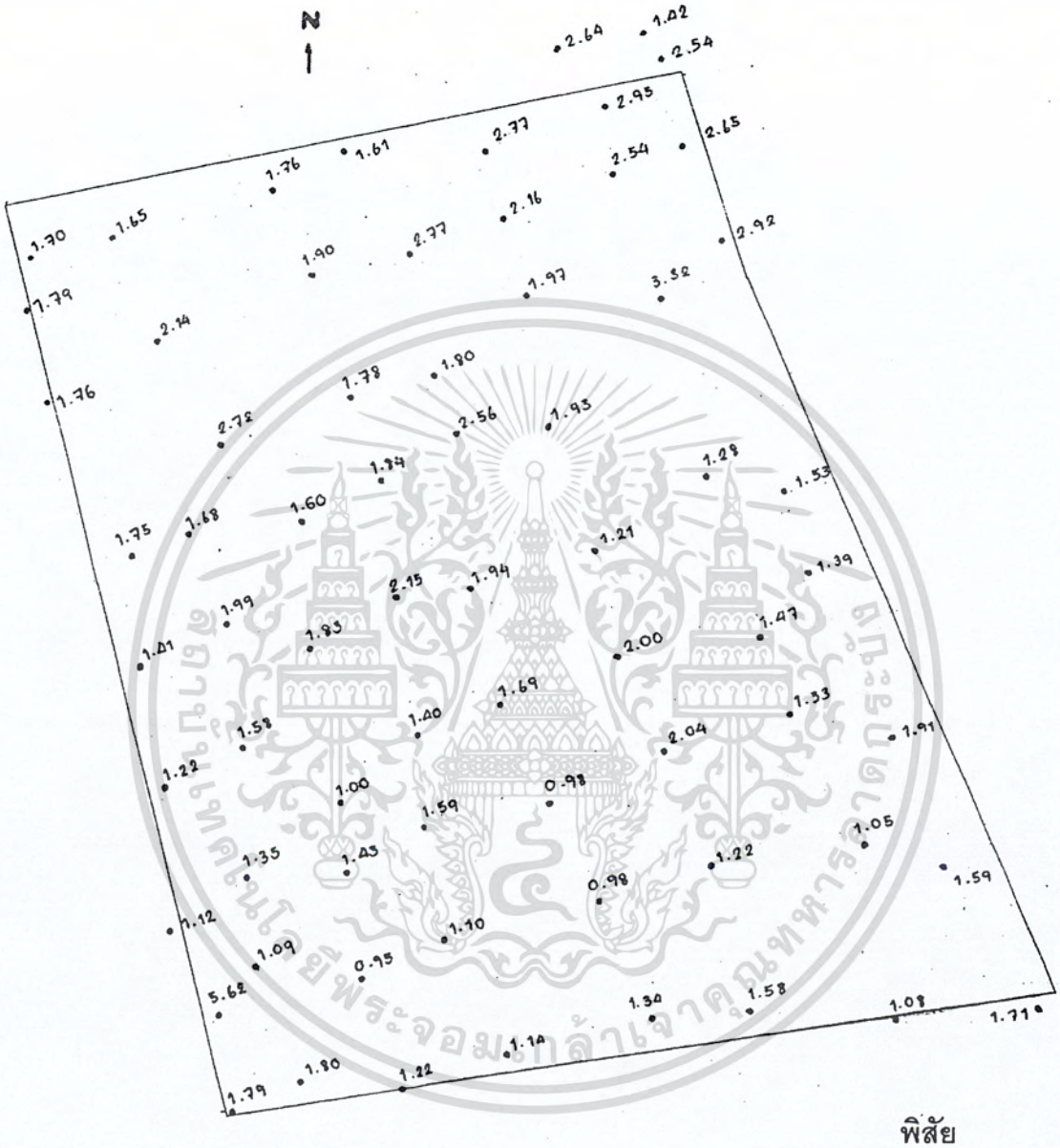
Cu ที่ระดับความลึก 5-10 เซนติเมตร

พิสัย

<1	2.0-2.5
1-1.5	2.5-3.0
1.5-2.0	>3.0

ภาพผนวกที่ 21 ข แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของทองแดงที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



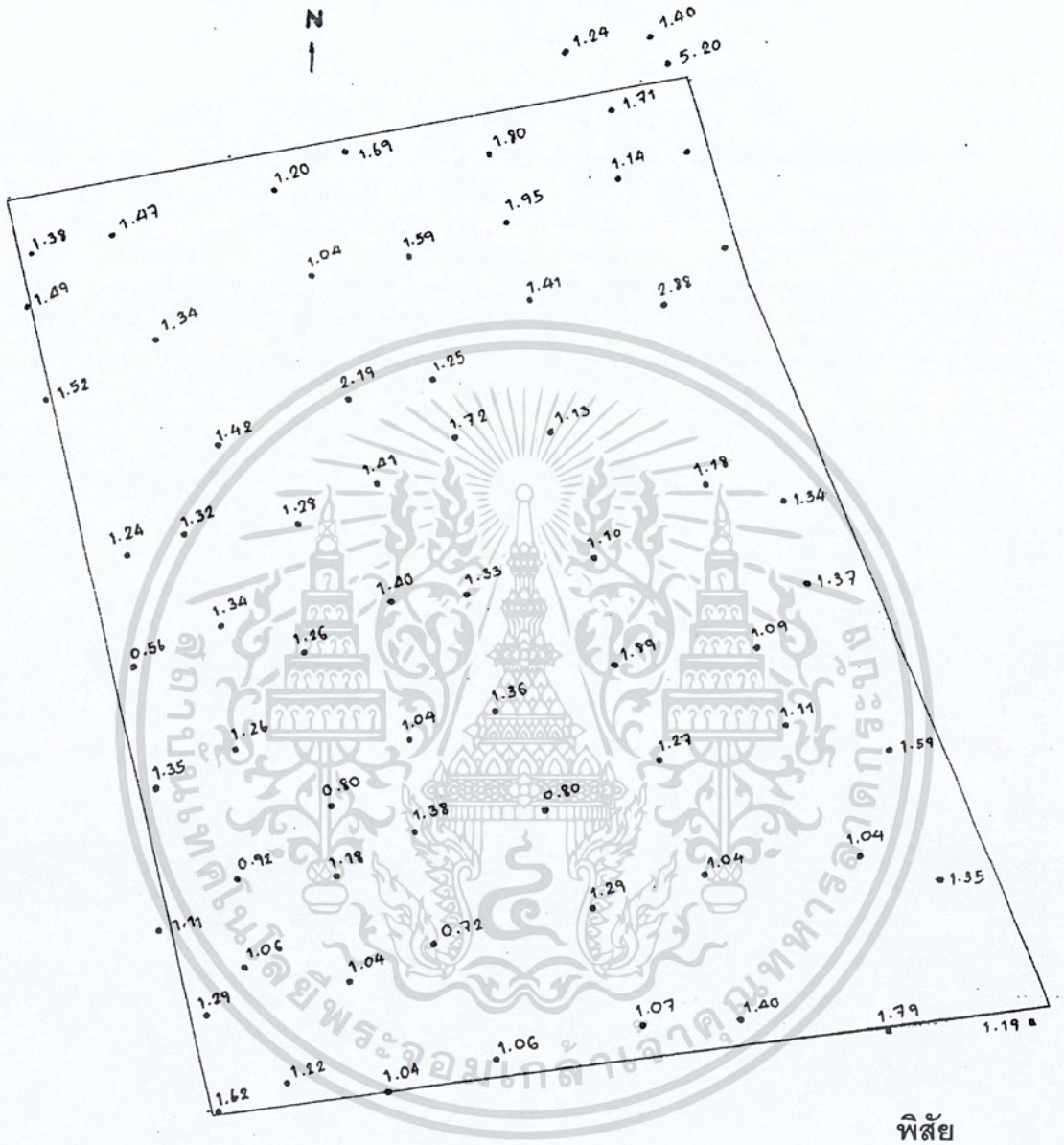
พิสัย

Cu ที่ระดับความลึก 10-20 เซนติเมตร

<1	2.0-2.5
1-1.5	2.5-3.0
1.5-2.0	>3.0

ภาพผนวกที่ 21 ค แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของทองแดงที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



พิสัย

Cu ที่ระดับความลึก 20-30 เซนติเมตร

<1	2.0-2.5
1-1.5	2.5-3.0
1.5-2.0	>3.0

ภาพผนวกที่ 21 ง แสดงความผันแปรเชิงพื้นที่ของทองแดงที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้